Aus dem Zentralinstitut für Anaesthesiologie und
Transfusionswesen der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. R. Schorer

BEURTEILUNG VON PLEXUS-BRACHIALIS-BLOCKADEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Medizinischen Fakultät (Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Iris Elfriede Stephanie Göttlich
aus Sigmaringen

1983

Aus dem Zentralinstitut für Anaesthesiologie und
Transfusionswesen der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. R. Schorer

BEURTEILUNG VON PLEXUS-BRACHIALIS-BLOCKADEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Medizinischen Fakultät (Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Iris Elfriede Stephanie Göttlich
aus Sigmaringen

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. W. Frommhold

1. Berichterstatter: Professor Dr. V. Hempel

2. Berichterstatter: Professor Dr. B. Domres

Meinen Eltern

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Aufgabenstellung	2
3	Untersuchungsmethoden	3
4	Ergebnisse	4
5	Diskussion	10
5.1	Betrachtungen über Plexus-Anaesthesien	10
5.1.1	Allgemeine Gesichtspunkte der Lokalanaesthesie	10
5,1.2	Pharmakologie der Lokalanaesthetika	12
5.1.3	Anatomie des Plexus brachialis	16
5.1.4	Indikationen der Plexus brachialis-Anaesthesie	18
5.2	Methoden der Plexus brachialis-Anaesthesie	19
5.2.1	Axillärer Zugang zum Plexus	19
5.2.2	Supraclaviculärer Zugang zum Plexus	29
5.2.3	Interscalenärer Zugang zum Plexus	40
5.3	Die Verwendung einer immobilen Nadel zur Plexus-Anaesthesie	46
5.4	Methodenunabhängige Komplikationen	47
6	Zusammenfassung	49
	Graphiken	50- 64

1. Einleitung

Für operative Eingriffe im Bereich von Arm und Hand bietet sich als Alternative zur Vollnarkose die Blockade des Plexus brachialis an.
Diese Methode gilt als weniger belastend für die Patienten und begünstigt eine ambulante Versorgung, weil die Patienten wach bleiben können. Allerdings erfordert sie von seiten des Anaesthesisten eine gewisse Übung, darüberhinaus scheint die Erfolgsquote auch abhängig zu sein vom gewählten Zugang.
In der vorliegenden Arbeit wurden 38 am Institut für Anaesthesiologie der Universität Tübingen durchgeführte Plexus-brachialis-Blockaden untersucht. Ziel der Untersuchung war der Erfolg und die Ausdehnung einer Plexus-brachialis-Blockade in Abhängigkeit von der Art des Zugangs (axillär oder supraclaviculär) zu beurteilen, wobei neurologische Untersuchungsmethoden in kurzen Zeitabständen eingesetzt wurden.

2. Aufgabenstellung

38 Plexus-brachialis-Blockaden die nach den verschiedenen - im nächsten Abschnitt näher beschriebenen - Methoden durchgeführt wurden, waren zu beurteilen. Jeder Anaesthesist sollte die ihm geläufige Technik anwenden. Vorgegeben waren die Art und die Menge des Lokalanaesthetikums (Xylocain 1,5%-ig; Körpergröße in Zentimeter, geteilt durch 5, ergibt die zu injizierende Lösungsmenge in Milliliter). Das Untersuchungsschema wurde von Lanz und Theiss (22) übernommen, die 1979 eine Beurteilung von Plexus-brachialis-Blockaden mit supraclaviculärem und interscalenärem Zugang veröffentlichten.
Frühzeitig wurde eine offenkundige Bevorzugung des axillären Zugangs durch alle beteiligten Ärzte deutlich, so daß ein wirklicher Vergleich zwischen den unterschiedlichen Zugängen nun zugunsten einer Beurteilung der Plexus-brachialis-Blockaden mit axillärem Zugang zurücktreten muß.

3. Untersuchungsmethoden

In dem Untersuchungsschema nach Lanz und Theiss werden die sensiblen Nerven am Hals - das heißt: auch Nerven aus dem Plexus cervicalis - der oberen Extremität und der Achselhöhle in der Reihenfolge ihres Abgangs von kranial nach kaudal aufgelistet. In den Areae propriae der peripheren Nerven wird die Sensibilität mit einer Nadel nach der sogenannten "Pin-prick-Methode" getestet, wobei die Epfindung 'spitz' als 0 eingetragen wird, die Empfindung 'stumpf' als 1 entsprechend Analgesie. Keine Empfindung entsprechend völliger Anästhesie, wird mit 2 bezeichnet. Zur Prüfung der Motorik wird die grobe Kraft von siebzehn Muskeln beurteilt, wobei normale Kraft einer 0 entspricht, eingeschränkte Kraft - also Parese - einer 1, völlige Lähmung-Paralyse - einer 2. Die Funktion der jeweiligen Muskeln wird den sie innervierenden Nerven zugeordnet. Verständlicherweise sind die motorischen Ausfälle zuverlässiger zu prüfen als die sensiblen, die vom Patienten selbst sehr subjektiv beurteilt werden. Sowohl die Sensibilität als auch die Motorik werden sechsmal überprüft; zunächst 5 Minuten nach der Injektion des Lokalanaesthetikums, dann viermal im Abstand von jeweils drei Minuten, zum Abschluß noch einmal nach fünf Minuten - insgesamt also über einen Zeitraum von zweiundzwanzig Minuten nach der Injektion. Als erfolgreich werden alle die Fälle gewertet, in denen ohne zusätzliche Gabe von Ketanest die schmerzfreie Operabilität des Patienten gewährleistet ist.
Für beide Zugänge werden, getrennt nach 'erfolgreich' und 'erfolglos', die Mittelwerte des sensiblen und des motorischen Ausfalles für jeden Nerven zu den Zeitpunkten 1 bis 6 ermittelt. Es erfolgt eine graphische Darstellung mit den Untersuchungszeitpunkten 1 bis 6 auf der Abszisse und den Meßwerten 0 bis 2 des sensiblen, bzw. motorischen Ausfalles auf der Ordinate.

4. Ergebnisse

Von 32 untersuchten axillären Plexusblockaden zeigten 24 gute Ergebnisse. Dies entspricht einer Erfolgsquote von fündundsiebzig Prozent.
Von den sechs Fällen mit supraclaviculärem Zugang waren drei erfolgreich.
Wie aus der Graphik 1.1 zu ersehen ist, zeigten sich bei den erfolgreichen Blockaden mit axillärem Zugang keinerlei Veränderungen der Sensibilität im Bereich von Nervus occipitalis minor, Nervus transversus colli und der Nervi supraclaviculares. Bei den als 'Versager; eingestuften Blockaden zeigte sich zum Meßzeitpunkt 5, das heißt: siebzehn Minuten nach Injektion des Lokalanaesthetikums, bei eben diesen drei Nerven (siehe Graphik 1.2) ein, wenn auch geringfügiger, Sensibilitätsverlust. In den Areae propriae des Nervus axillaris war hingegen in allen Fällen der Sensibilitätsverlust nur sehr schwach ausgeprägt. Nach zweiundzwanzig Minuten lag der Mittelwert bei o.25. Dies noch nicht einmal einer Analgesie entspricht. Auch im Versorgungsgebiet des Nervus musculocutaneus war kein signifikanter Unterschied des Sensibilitätsverlustes zwischen 'erfolgreichen' und 'mißlungenen' Blockaden festzustellen.
Beim Nervus radialis lag der ermittelte Wert zwar höher, aber Analgesie - entsprechend dem Meßwert 1 - wurde auch hier in keinem Fall erreicht.

Gute Analgesie wurde bei den 'erfolgreichen' Axillarisblockaden in den sensiblen Versorgungsgebieten des Nervus ulnaris, Nervus cutaneus antebrachii medialis, Nervus cutaneus brachii medialis, Nervus medianus und Nervus intercostalis II erzielt. Im Falle der'Versager' konnte keiner dieser Nerven bis zur Analgesie blockiert werden. Ein Gesamt-Mittelwert von 2-entsprechend Anaesthesie-

wurde mit dem axillären Zugang für keinen der untersuchten Nerven erzielt.
Die Ergebnisse zeigen, daß die Sensibilität des Armes von proximal nach distal fortschreitend, sowohl früher als auch stärker blockiert wird.Betrachtet man die Graphiken zum Ausfall der Motorik nach Blockaden mit axillärem Zu gang, so ist zunächst auffallend, daß von keiner der 'Versager' auch nur eine Parese eines der getesteten Armmuskeln erzielt wurde (Graphik Nr. 1.4). Am ehesten wurden der Musculus triceps (innerviert durch den Nervus radialis) und die Musculi interossei (innerviert durch den Nervus ulnaris) leicht in ihrer Funktions beeinträchtigt,(bis zum Meßwert von o.625). In den erfolgreichen Fällen blieb nur beim Musculus levator scapulae (innerviert durch den Nervus dorsalis scapulae) und beim Musculus deltoideus (innerviert durch den Nervus axillaris) die Parese aus. (Graphik 1.3). Die Parese der anderen untersuchten Muskeln war zufriedenstellend, am ausgeprägtesten beim Musculus biceps, der vom Nervus musculocutaneus innerviert wird. Der Mittelwert der Meßwerte zum Meßzeitpunkt 6 lag für diesen Muskel bei 1,3o5. Auch für die übrigen Muskeln lag dieser Wert zwischen 1,228 und 1,o87, also zwischen Parese und Paralyse.
Beim motorischen Ausfall ist also keine deutliche Progredienz von proximal nach distal - oder umgekehrt - gegeben, die Relaxation im Bereich von Schultergürtel und Oberarm aber erweist sich als unzureichend.

Das Histiogramm zur Motorik (Abb. 3.1) zeigt, daß sich fünt Minuten nach der Injektion nur wenig verändert hatte. Nach zweiundzwanzig Minuten (Abb.3.2) waren am häufigsten der Musculus biceps - innerviert durch den Nervus musculocutaneus - und der Musculus triceps -

innerviert durch den Nervus radialis - paralytisch. Die wenigsten Paralysen waren beim Musculus levator scapulae - innerviert durch den Nervus dorsalis scapulae - zu verzeichnen, nämlich nur fünf bei insgesamt zweiunddreißig untersuchten Fällen. Auch dies beweist, daß bei der Motorik keine so eindeutige Steigerung der Effektivität der Leitungsanaesthesie von proximal nach distal zu verzeichnen ist wie im Falle der Sensibilität.

Aus den Abbildungen 3.1 - 3.4, in die nur die 'erfolgreichen' Blockaden mit axillärem Zugang eingingen, wird ersichtlich, daß nach fünf Minuten - zum Meßzeitpunkt 1 - die Sensibilität im Bereich von Nervus occipitalis minor, Nervus transversus colli, Nervi supraclaviculares, Nervus axillaris, Nervus musculocutaneus und Nervus radialis in keinem der zweiunddreißig untersuchten Fälle vollkommen ausgefallen - das heißt: anaesthetisch - war. Nach distal hin nahm die Zahl der zu diesem Zeitpunkt regis trierten kompletten Sensibilitätsausfälle zu und lag für das Innervationsgebiet des Nervus cutaneus brachii medialis bei zehn kompletten Ausfällen. Derselbe Wert ergab sich auch für den Nervus intercostalis II.

Zweiundzwanzig Minuten nach der Injektion waren die Areae propriae des Nervus occipitalis minor, des Nervus transversus colli und der Nervi supraclaviculares nach wie vor in keinem einzigen Fall anaesthetisch, das Innervationsgebiet des Nervus axillaris nur in einem einzigen Fall. Nach distal hin nahm auch zu diesem Zeitpunkt die Wirksamkeit der Blocks zu, mit einem Einbruch im Versorgungsgebiet des Nervus radialis mit nur drei Anaesthesien. Die meisten Anaesthesien waren im Bereich

des Nervus cutaneus antebrachii medialis und des Nervus cutaneus brachii medialis mit dreizehn, bzw. vierzehn Fällen zu beobachten. In vierzehn von zweiunddreißig Fällen war auch der Nervus intercostalis II nach zweiundzwanzig Minuten vollkommen anaesthetisch.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die Sensibilität von proximal nach distal nicht nur früher, sondern auch häufiger blockiert wird.

Vergleicht man die Auswirkung der Blockade mit axillärem Zugang auf die sensible, bzw. motorische Funktion des Nervus axillaris, Nervus muskulocutaneus, Nervus radialis, Nervus medianus und Nervus ulnaris miteinander, so wird in der Abb. 3.3 deutlich, daß fünf Minuten nach der Injektion viel häufiger eine Parese als ein Sensibilitätsausfall beobachtet wurde. Das heißt: die Motorik fällt vor der Sensibilität aus.
Die Erfolgsquote von fünfundsiebzig Prozent muß auch im Hinblick darauf gesehen werden, daß kein einziger Eingriff im Bereich des Oberarms durchgeführt wurde. Nach vorliegenden Ergebnissen ist in diesen Fällen die Plexus-brachialis-Blockade mit axillärem Zugang nicht ausreichend.
Komplikationen im Zusammenhang mit der Durchführung der Plexus-brachialis-Blockade traten nicht auf.

Von den leider nur sehchs untersuchten Blockaden mit supraclaviculärem Zugang waren fünfzig Prozent, das heißt: nur drei Blockaden, erfolgreich. Diese wurden von einem in der Technik erfahrenen Anaesthesisten durchgeführt. Im Gegensatz zu den axillären Plexus-Blockaden wurden hier in den als erfolgreich gewerteten Fällen auch die Halsnerven mitbetroffen, am stärksten die Nervi supraclaviculares, deren Areae propriae bereits elf Minuten nach der Injektion analgetisch waren. Der sensible Anteil des Nervus axillaris wurde bei den 'erfolgreichen'

supraclaviculären Blockaden sehr gut geblockt, mit einem Mittelwert von 1,7 - also fast Anaesthesie - nach elf Minuten. Die motorische Blockade des Nervus axillaris ging allerdings nicht über eine Parese des Musculus deltoideus hinaus. Auch die Motorik des Nervus musculocutaneus erreichte nur das Stadium der Parese, der sensible Anteil lag mit einem Mittelwert von 1 im Bereich der Analgesie. Die sensible Blockade des Nervus radialis war wiederum sehr ausgeprägt, der Mittelwert betrug nach elf Minuten 1,7. Dieses Ergebnis war also mit dem der Blockade des Nervus axillaris identisch; auch die Auswirkungen auf die motorischen Funktionen entsprachen sich, das heißt: es kam lediglich zur Parese. Entsprechend waren die sensiblen Ausfälle im Versorgungsgebiet des Nervus medianus und des Nervus ulnaris; motorisch waren auch hier nur Paresen nachweisbar. In der Area propria des Nervus cutaneus antebrachii medialis wurde siebzehn Minuten nach der Injektion vollkommene Anaesthesie beobachtet. Hingegen blieben die sensiblen Ausfälle des Nervus cutaneus antebrachii medialis und des Nervus intercostalis II vollkommen unbefriedigend und führten nicht einmal zur Analgesie.

In die Abb. 4.1 - 4.2 gingen nur die erfolgreichen Plexus brachialis-Blockaden mit supraclaviculärem Zugang ein. Bei der ersten Sensibilitätsprüfung - fünf Minuten nach der Injektion - waren der Nervus axillaris, der Nervus cutaneus brachii medialis und der Nervus intercostalis II noch in keinem Fall völlig geblockt. Die Innervationsgebiete aller anderen getesteten Nerven waren in einem der drei untersuchten Fälle anaesthetisch. Paralyse war im Bereich aller getesteten Muskeln in einem der drei Fälle gegeben.

Nach zweiundzwanzig Minuten - also zum Meßzeitpunkt 6 - hatte sich motorisch nichts verändert, ebensowenig im sensiblen Innervationsbereich von Nervus occipitalis minor, Nervus transversus colli und Nervus cutaneus brachii medialis, die jeweils nur in einem der drei untersuchten Fälle anaesthetisch waren. Der Nervus cutaneus antebrachii medialis war bei allen Blockaden sensibel vollkommen ge-

blockt. Die sensible Innervation des Armes und der Hand war in zwei der drei untersuchten Fälle völlig ausgefallen.
Bei den als 'Versager' eingestuften Blockaden wurde außer in den Areae propriae von Nervus cutaneus antebrachii medialis, Nervus cutaneus brachii medialis und Nervus intercostalis II nicht ein einziges Mal auch nur eine Analgesie erzielt. Ebenso insuffizient waren die motorischen Ausfälle, die in keinem Fall zur Parese führten. (Graphiken 2.1 - 2.4).
Die Ergebnisse zeigen, daß dieser Zugang im Vergleich zum axillaren Zugang keine Beschleunigung des Wirkungseintritts und keine Verbesserung der Wirksamkeit von proximal nach distal bewirkt.
Vergleicht man die Auswirkung des supraclaviculären Plexus-Blocks auf die sensible, bzw. motorische Funktion des Nervus axillaris, Nervus musculocutaneus, Nervus radialis, Nervus medianus und Nervus ulnaris miteinander, so werden durch das, (Abb.43) keine wesentlichen Unterschiede fünf Minuten nach der Injektion deutlich. Es sind also keine Aussagen darüber möglich, ob die Sensibilität oder die Motorik zuerst ausfallen.
Komplikationen wurden auch bei diesem Zugang nicht gesehen. In einem Fall - einem 'erfolgreichen' Block - kam es allerdings zur Heiserheit, die sich aber durch Kopfwendung zur kontralateralen Seite vermindern ließ.

5. Diskussion

5.1. Betrachtungen über Plexus-Anaesthesien

5.1.1 Allgemeine Gesichtspunkte der Lokalanaesthesie

Eine ganze Reihe von Argumenten sprechen für die Lokalanaesthesie. Die Techniken sind meist leichter zu erlernen, zur Durchführung sind weniger Geräte erforderlich und die zur Anwendung kommenden Pharmaka führen seltener zu solch unangenehmen Nebenwirkungen, wie Übelkeit und Erbrechen. Auch greifen Lokalanaesthetika weniger störend in die Körperfunktionen ein als eine Vollnarkose.

Örtliche Betäubungen können auch bei geschwächten Patienten angewendet werden, obwohl eine besondere Indikation für solche Fälle heute nicht mehr gegeben ist. Man neigt vielmehr dazu, vorallem für robuste Personen eine Lokalanaesthesie vorzuschlagen, da sie bei der Vollnarkose häufig sehr hohe Narkosemittel-Dosen benötigen.

Vorallem bei Elektivoperationen können bei der Auswahl des Narkoseverfahrens die Wünsche der betroffenen Patienten berücksichtigt werden, die vielfach vor einer Vollnarkose mehr Angst als vor der Operation selbst haben.

Nach einer erst kurzzeitig zurückliegenden Nahrungsaufnahme, nach der infolge der Aspirationsgefahr von einer Vollnarkose abgesehen werden muß, kann eine Lokalanaesthesie ohne erhöhtes Risiko durchgeführt werden.

Nicht zuletzt werden Komplikationen hinsichtlich der Lungenfunktion bei örtlichen Betäubungen viel seltener gesehen als bei Vollnarkosen und die Patienten bedürfen viel weniger intensiver postoperativer Überwachung.

Von nicht unerheblicher Bedeutung sind auch die wesentlich niedrigeren Kosten einer Lokalanaesthesie gegenüber einer Vollnarkose.

Absolute Indikationen für die Durchführung einer Operation in Laokalanaesthesie sind in der Handchirurgie gegeben, wenn durch erhaltene Kooperationsfähigkeit des Patienten verletzte Sehnen identifiziert werden

können; desgleichen in der Neurochirugie bei Thalamotomien und Chordotomien. Snow (36) weist in seinem Lehrbu ch ausdrücklich darauf hin, daß in diesen Fällen die Mitarbeit des Patienten erforderlich ist.

5.1.2 Pharmakologie der Lokalanaesthetika

Die erste Lokalanaesthesie wurde 1884 durch die Einführung der Kokainlösung von Koller bei einer ophthalmologischen Operation ermöglicht. Die Nachteile des Kokains, Erzeugung von Sucht und leichte Zersetzbarkeit beim Sterilisieren, veranlaßten zur Suche nach neuen Verbindungen. Diese führte 1905 zur Synthese des Procains. Unter Beibehaltung der erwünschten und Ausschaltung der unerwünschten Wirkungen wurde der lokalanaesthetisch wirksame Kern des Kokains isoliert.
Man unterscheidet bei Lokalanaesthetika in zwei Stoffgruppen: die Aminoester und die größere Gruppe der Säureamide. Wegen der höheren allergenen Potenz und Toxizität ist die erstgenannte Gruppe als weitgehend obsolet zu betrachten.

5.1.2.1 Wirkungsweise der Lokalanaesthetika

Lokalanaesthetika unterdrücken nach Fleckenstein (14) die Vorgänge der Erregung und Erregungsleitung in den sensiblen afferenten Neuronen durch Rduktion der regenerativen Natrium-Permeabilität.
Vom pharmakologischen Standpunkt aus könnte jeder Stoff lokalanaesthetisch wirksam sein, der den Erregungsvorgang unterdrückt. Allerdings ragen quantitativ gesehen bestimmte Stoffe heraus, die die Auslösung und Fortleitung von Impulsen besonders leicht blockieren. Dabei werden dünne Nervenfasern vor dicken geblockt, das heißt: die Funktion der sensiblen, vorallem schmerzleitenden, C-Fasern mit einem Durchmesser von 0,4-1,2 u fällt vor der der motorischen A-d-Fasern mit einem Durchmesser von 12-20 u aus. Auch die postganglionären sympathischen Fasern sind gegenüber Lokalanaesthetika sehr empfindlich, dadurch kommt es zum Verlust des Vasokonstriktorentonus.

Die sensiblen Qualitäten verschwinden in der Reihenfolge Schmerz-Kälte-Wärme-Berührung, tiefe Druckempfindung und kehren in der umgekehrten Reihenfolge wieder zurück.

5.1.2.2 Nebenwirkungen

Bei den Nebenwirkungen ist zu unterscheiden zwischen toxischen Reaktionen aufgrund von Überdosierung des Lokalanaesthetikums und allergischen Reaktionen. Dosisunabhängige allergische Reaktionen sind bei den Lokalanaesthetika aus der Gruppe der Aminoester (Kokain, Procain) häufiger zu beobachten als in der Gruppe der Säureamide. Eine Kreuzallergie besteht in der Regel nicht, so daß ein Wechsel auf ein Präparat aus der zweiten Gruppe möglich ist, zumal hier schwer allergische Reaktionen praktisch nie beobachtet werden.

Typ	chem.Kurzbezeichnung	Präparat
	Kokain	Kokain
Aminoester	Procain	Novocain
	Tetracain	Pantocain
	-Dibucaine (USA)	
	Lidocain	Xylocain
	Prilocain	Xylonest
		-Citanest (USA)
		Scandicain
Säureamide	Mepivacain	-Meaverin

Typ	chem.Kurzbezeichnugn	Präparat
	Carticain	Ultracain
	Bupivacain	Bupivacain -Carbostesin -Marcain (USA)
	Etidocain	Duranest

Allgemeine Überempfindlichkeitsreaktionen manifestieren sich als Urticaria, Dermatitis, angioneurotisches Ödem, Asthma bronchiale und anaphylaktischer Schock. Besonders ist zu beachten, daß es nach einer Therapie mit Procain-Penicillin möglicherweise zur Sensibilisierung gegen Aminoester-Lokalaæsthetika gekommen ist.
Bei einer Überdosierung stehen Symptome von seiten des Kreislaufsystems im Vordergrund. Kommt es zur toxischen Beeinflußung des Myokards, so äußert sich dies als zunehmende Bradykardie bis hin zur Asystolie. Im EKG sind Veränderungen der Überleitungszeit zu beobachten, Erregbarkeit und Kontraktionskraft des Herzens nehmen ab. Eine Therapie kann nur symptomatisch sein: Freihaltung der Atemwege und Sauerstoffzufuhr sowie Katecholamine. Krämpfe können mit Benzodiazepinen oder kurzwirksamen Barbituraten kupiert werden.
Im Gegensatz zum Kokain haben alle anderen Lokalanaesthetika vasodilatatorische Eigenschaften. Um der dadurch bedingten schnelleren Resorption entgegenzuwirken wird häufig Adrenalin zugesetzt (an den Akren kontraindiziert). Durch die vasodilatatorische Komponente der Lokalanaesthetika ohne Adrenalin kann es zum Blutdruckabfall kommen, wobei das Lokalanaesthetikum auch die Gegenregulation - Ausschüttung von Adrenalin durch die Nebenniere - behindert.

Die Zumischung von Adrenalin erfolgt im Verhältnis 1:5o ooo bis 1:2oo ooo in der Odontologie, bzw. 1:2oo ooo in der Chirurgie. Die insgesamt verabfolgte Menge an Adrenalin darf nach Fort und Henschler (15) o,25 mg nicht überschreiten. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Braun und Shields (8) aus dem Jahre 1914 sowie von Bieter (6) aus dem Jahre 1936 stützen die Angabe, nach der die optimale Adrenalinkonzentration in Lokalanaesthetika bei 1:2oo ooo liegt. Es wird eine signifikante Verlängerung der Dauer der Nervenblockade angegeben, die durch Zugabe höherer Konzentrationen von Adrenalin nicht mehr wesentlich zu verbessern ist. Leider sind bei ölteren Patienten Todesfälle infolge von Hirnblutungen bei Blutdruckkrisen bekannt geworden, die im Anschluß an eine Lokalanaesthesie mit adrenalinhaltigen Lösungen aufgetreten sind.
Zu beachten ist auch, daß die Wirksamkeit der Katecholamine verstärkt ist, wenn der Patient gleichzeitig trizyklische Antidepressiva einnimmt.
Aus forensischen Gründen sollten für die jeweiligen Medikamente die angegebenen Maximaldosierungen nicht überschritten werden. Dies ist besonders wichtig für die Plexusanaesthesien, weil man hier leicht in die Größenordnung der Grenzdosen gerät. Von Fort und Henschler (14) werden die folgenden zulässigen Höchstdosen angegeben:

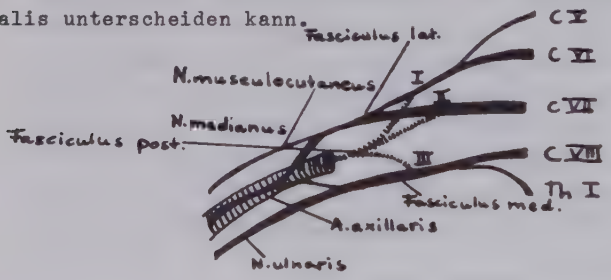
Procain 1-2 %: max. 1ooo mg (mit Vasokonstriktoren)
Lidocain 1-2%: max. 5oo mg (mit Vasokonstriktoren)

Die folgenden Angaben stammen von Racenberg und Schmidt (31):
Bupivacain: 1oo-15o mg mit Vasokonstriktor (bei axillärem Zugang mit physikalischer Kochsalzlösung auf 4o ml)
Xylocain: 3oo-4oo mg mit Vasokonstriktor (bei axillärem Zugang 1%-ige Lösung
Ultracain-Carticain: 4oo-6oo mg mit Vasokonstriktor (bei axillärem Zugang 1-1,5%ige Lösung)

5.1.3 Anatomie des Plexus brachialis

Die vorderen Äste der Spinalnerven bilden, mit Ausnahme der Brustnerven, durch spitzwinklige oder bogenförmige Verbindungen - die Schlingen oder Ansae - die Geflechte oder Plexus, aus denen die selbständigen peripheren Nerven hervorgehen. Der Plexus brachialis entsteht durch Vereinigung der vorderen Äste der Spinalwurzeln von C 5 bis Th 1.

Diese ziehen durch den kranialen Abschnitt der Scalenuslücke im seitlichen Halsdreieck nach lateral und kaudal, zwischen erster Rippe und Schlüsselbein hindurch in dieAchselhöhle. In der Scalenuslücke schließen sie sich zu den drei Primärsträngen zusammen: Truncus superior, Truncus medius und Truncus inferior. Aus den Primärsträngen gehen die Sekundärstränge (Fasciculi) hervor, die hinter dem Musculus pectoralis major liegen und so um die Arteria axillaris herum angeordnet sind, daß man einen Fasciculus posterior, lateralis und medialis unterscheiden kann.



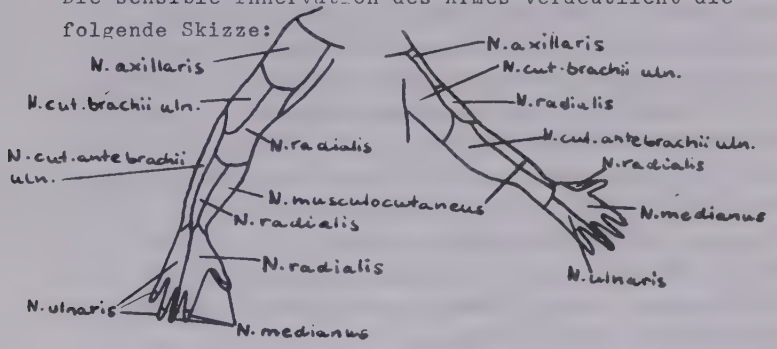
Die sieben langen Nerven für den Arm gehen in der Achselhöhle ab:

Aus dem Fasciculus posterior der Nervus radialis und der Nervus axillaris, aus dem Fasciculus lateralis der Nervus musculocutaneus und die laterale Wurzel des Nervus medianus, aus dem Fasciculus medialus die mediale

Wurzel des Nervus medianus, der Nervus ulnaris und die beiden ulnaren Heutnerven des Ober- und Unterarms (Nervus cutaneus brachii medialis und Nervus cutaneus antebrachii medialis).

Topographisch-anatomisch kann man am Flexus brachialis eine Pars supraclavicularis und eine Pars infraclavicularis unterscheiden.

Die sensible Innervation des Armes verdeutlicht die folgende Skizze:



Von den Wirbelquerfortsätzen bis einige Zentimenter oberhalb der Axilla ist der Armplexus von einer Gefäß-Nerven-Scheide umgeben; dieser perivasculäre, bzw. perineurale Raum wird in einen interscalenären, einen supraclaviculären und einen axillären Abschnitt unterteilt. Entsprechend ergeben sich auch die Zugänge zum Plexus brachialis: axillär, supraclaviculär, interscalenär.

5.1.4 Indikationen der Plexus brachialis-Anaesthesie

Die Plexus brachialis-Anesthesie kommt zur Anwendung bei Eingriffen an der Hand, dem Unterarm und dem distalen Drittel des Oberarm. Die Indikation ist aber auch bei Arteriographien von Arteria axillaris oder Arteria brachialis gegeben, ebenso zur passiven Mobilisation des Ellenbogengelenks. Von Nutzen ist die Methode auch zur Therapie chronischer Schmerzzustände des Arms. Ausnahmsweise kann die Reposition eines luxierten Schultergelenkes in Flexus brachialis-Anaesthesie erfolgen. Wichtig ist die bereits erwähnte Indikation bei Sehnennähten. Durch geeignete Auswahl der Konzentration des Lokalanaesthetikums kann man hier erreichen, daß die Sensibilität ausfällt, die Motorik aber soweit erhalten bleibt, daß zum Beispiel die proximalen Stümpfe durchtrennter Sehnen identifiziert werden können. Ebenso kann bei alten Verletzungen festgestellt werden, ob eine Sehne genügend von umgebenden Verwachsungen befreit ist.

Nach Verletzungen des Armes können durch eine Plexus brachialis-Blockade auch die sympathischen Nervenbahnen unterbrochen und damit Gefäßspasmen verhindert werden. Der Effekt entspricht also in diesen Fällen dem einer Blockade des Ganglion stellatum, mit zusätzlichem Sensibilitätsausfall im Bereich des Armes.

5.2 Methoden der Plexus brachialis-Anaesthesie

5.2.1 Axillärer Zugang zum Plexus

5.2.1.1 Technik

Diese Methode wurde erstmals von Hirschel (17) erwähnt und später von Pitkin (3o) modifiziert, wobei dessen Methode den Plexus über die erste Rippe hinaus bis zu den Wirbelquerfortsätzen des sechsten und siebten Halswirbels zu verfolgen, verständlicherweise nie populär geworden ist. 1954 legte Adriani (2) eine illustrierte Anleitung zur Durchführung einer Blockade des Armplexus vor; mit seiner Methode wurde jedoch nur eine adäquate Anaesthesie des Nervus medianus, Nervus ulnaris und Nervus radialis, nicht jedoch des Nervus musculocutaneus erzielt, was lediglich Eingriffe im Bereich der Hand zuließ. Erstreckten sich die Operationen auch auf das Handgelenk oder den Unterarm, mußte eine zusätzliche Infiltration des betroffenen Gebietes mit Lokalanaesthetika oder eine Vollnarkose durchgeführt werden.

Umfassendere Darstellungen der verschiedenen Techniken sowie Vor- und Nachteile des axillären Zugangs wurden 1949 von Accardo und Adriani (1) sowie 1959 von Hudon und Jacques (19) vorgelegt. DieLagerung des Patienten wird von allen Autoren in der gleichen Weise beschrieben: Ausgestreckt auf dem Rücken liegend, den Oberarm im rechten Winkel vom Körper abduziert; der Unterarm wird gebeugt, außenrotiert und mit dem Handrücken nach unten auf einem Tischchen gelagert. De Jong (1o) vergleicht diese Stellung mit der eines militär ischen 'Salutierens'. Von diesem Autor stammt auch eine sehr ausführliche Beschreibung des Vorgehens bei der Axillarisblockade: Die Pulsationen der Arteria axillaris werden in der Achselhöhle so weit wie möglich nach proximal verfolgt. Zunächst werden einige Milliliter des Lokalanaesthetikums in Unterhautgewebe injiziert, um eine zuverlässige Blockade

des Nervus intercostobrachialis und des Nervus cutaneus brachii medialis zu erzielen. Mit aufgesetzter Spritze wird dann die Nadel senkrecht in Richtung auf den Oberarmknochen vorgeschoben, wobei sie bereits nach wenigen Millimetern mit deutlich fühl- und hörbarem 'Schnappen' die Fascia axillaris durchsticht. Schiebt man nun noch einige Millimeter vorwärts, so kommt die Nadelspitze in der Gefäß-Nerven-Scheide zu liegen. Sichere Hinweise auf eine korrekte Lage der Nadel im perivasculären, bzw. perineuralen Raum sind in die Hand ausstrahlende Paraesthesien oder Aspiration von Blut aus der Arteria oder Vena axillaris. Die Injektion des Lokalanaesthetikums in die Gefäß-Nerven-Scheide erfolgt nach sorgfältiger Aspiration fächerförmig, wobei etwa die Hälfte der Menge oberhalb (anterior), die andere unterhalb (posterior) der Arteria axillaris deponiert werden soll. Wird Blut aspiriert, zieht man die Nadel bis ins Unterhautgewebe zurück und schiebt sie dann mit etwas veränderter Richtung (leicht ober- oder unterhalb der Arterie) bis auf die gleiche Tiefe vorwärts. Dasselbe Vorgehen hinsichtlich Einbringen der Nadel in die Gefäß-Nerven-Scheide und Injektionstechnik wird auch von Auberger (4) beschrieben. Wie de Jong gibt er an, daß mit einer Wartezeit von etwa fünfzehn Minuten bis zur Ausbildung einer vollständigen Blcokade gerechnet werden muß. Diese Zeitspanne verkürzt sich nach Aubergers Angeben, wenn vor der Injektion Paraesthesien ausgelöst werden konnten.
Moore (26) empfiehlt, nicht zu weit proximal in der Axilla zu punktieren. Ist die Nadel zu lang oder falsch gerichtet, kann die Spitze in die Pleura eindringen; allerdings ist dies beim heutigen Instrumentarium sehr unwahrscheinlich. Sowohl Moore als auch Bryce-Smith und Lee (9) empfehlen die Verwendung eines Stauschlauches, um ein rasches Abfließen des Lokalanesthetikums nach distal zu verhindern. Dieser kann etwa fünf bis zehn Minuten nach Injektion wieder abgenommen werden.

Berry und Bridenbaugh (5) unterscheiden zwischen einer Einzelinjektionstechnik und einer Doppelinjektionstechnik. Bei der Doppelinjektionstechnik kann mit ein oder zwei Nadeln gearbeitet werden, wobei entweder ein- und dieselbe Nadel nach Injektion des halben errechneten Volumens oberhalb (anterior) der Arterie zurückgezogen und nach unterhalb (posterior) der Arterie gerichtet wird, um die andere Hälfte des Lokalanaesthetikums dort zu deponieren, oder aber zwei Nadeln werden durch die gleiche Hautquaddel nach oberhalb, bzw. unterhalb der Arterie gerichtet vorwärtsgeschoben. Ist die Nadel bei der ersten Injektion nach sicher korrekter Lage in der Gefäß-Nerven-Scheide nicht mehr bewegt worden, sollte diese zweite Injektion aber - vorausgesetzt ein ausreichendes Volumen wurde verwendet - gar nicht mehr notwendig sein. Bei der Einzelinjektionstechnik mit großem Volumen müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Verteilung der lokalanaesthetisch wirksamen Lösung nach proximal innerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide zu begünstigen. Hier wird digitaler Druck distal der Nadel mit Zeige- und Mittelfinger während und unmittelbar nach der Injektion empfohlen. Sind diese beiden Finger mit der Fixierung der Nadel beschäftigt, kann dieser Druck auch mit der ulnaren Kante der Hand ausgeübt werden. Durch die Verwendung eines Stauschlauches bleibt zwar die linke Hand frei, dessen Wirksamkeit wird aber von den Autoren als unsicherer und für den Patienten wegen der venösen Stauung als unangenehmer angegeben. Zwar begünstigt eine Injektion so weit als möglich proximal in der Axilla eine Ausbreitung der Lösung nach proximal und damit einen höherreichenden Block, gleichzeitig aber erwächst dadurch auch - wie bereits erwähnt - die Gefahr, einen Pneumothorax zu setzen. Sobald die Injektion beendet ist und während noch distal komprimiert wird, sollte der Arm adduziert werden. Dadurch entfällt der Druck des Humeruskopfes auf die Gefäß-Nerven-Scheide, der sich sonst hemmend auf die Ausbreitung des

Lokalanaesthetikums auswirken kann. Ist es nicht möglich, die Gefäß-Nerven-Scheide sicher zu identifizieren, kann eine 'Mauer' aus Lokalanaesthetikum auf jeder Seite der Arteria axillaris von der Haut bis zum Oberarmknochen gelegt werden.
Selander (33) veröffentlichte 1977 die Beschreibung einer neuen Methode der Axillarisblockade mit flexiblen Teflonkatheter. Während es bei den herkömmlichen Verfahren oft schwierig ist, beim Aufsetzen,bzw. Abnehmen der Spritze und bei der Injektion die Nadel nicht zu verschieben und damit das Lokalanaesthetikum nicht ausserhalb der Gefäß-Nerven-Scheide zu deponieren, kann dies durch die Verwendung von Kathetern verhindert werden. Es handelte sich bei Selanders Untersuchungen um flexible Teflonkatheter zum intravenösen Gebrauch (Venflon AB Viggo), die mit Mandrin in die Gefäß-Nerven-Scheide eingebracht wurden. Diese Katheter können über längere Zeit belassen werden, bei ihrer Verwendung müssen keine Paraesthesien ausgelöst werden und eine Kompression der Gefäß-Nerven-Scheide erübrigt sich. Über die sichere Lage der Nadel hinaus sprechen mehrere Vorteile für diese Methode: Versager oder nicht ausreichende Blockaden können, da der Katheter liegen bleibt, ohne erneute Punktion durch Nachinjektion verbessert werden; auch bei längerer Dauer des Eingriffs kann auf Vasokonstriktoren verzichtet werden; es bietet sich die Möglichkeit eines kontinuierlichen Blocks an. Racenberg und Schmidt (31) heben als weiteren großen Vorteil hervor, daß bei eiligen Operationen von längerer Dauer ein Lokalanaesthetikum mit raschem Wirkungseintritt und kurzer Wirkungsdauer injiziert werden kann, das später einem Lokalanaesthetikum mit langer Wirkdauer kombiniert wird, dessen Wirkungseintritt wiederum verzögert ist. Allerdings kann die Durchführung eines solchen 'Katheter-Plexus' etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen, als die herkömmliche axilläre Plexus-Blockade. Erschwert ist diese Methode auch bei Patienten mit schlecht palpabler Arteria

axillaris.
Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang eine Veröffentlichung von Sprotte (37) aus dem Jahre 1979, der ebenfalls die Vorteile der Verwendung von Plastikkanülen in der Regionalanaesthesie hervorhob.

5.2.1.2 Do sierung des Lokalanaesthetikums

Die ausführlichste Anleitung zur Dosierung des Lokalanaesthetikums ist bei De Jong (1o) nachzulesen: Auszugehen ist davon, daß die Gefäß-Nerven-Scheide am Ort der Injektion aufgefüllt sein muß, um eine Ausbreitung des Medikamentes nach proximal zu den Fasciculi des Plexus zu ermöglichen. Ein Zylinder mit der Länge l und dem Durchmesser d hat das Volumen V $(\frac{\pi d^2}{4})$xl. Die Gefäß-Nerven-Scheide hat einen Durchmesser von etwa drei Zentimentern, das heißt, sieben Milliliter Lösung sind ausreichend, um ein Segment von einem Zentimeter Länge aufzufüllen. Die axilläre Injektionsstelle liegt etwa drei Zentimeter entfernt von dem Ort, an dem die Fasciculi des Plexus sich in die großen Nerven des Armes aufteilen. Gleiche Verteilung des Lokalanaesthetikums nach proximal und nach distal, vorausgesetzt kann man sagen, daß ein sechs Zentimeter langer Zylinder aus Lokalanaesthetikum (drei Zentimeter von Injektionsort nach distal und drei Zentimeter nach proximal) ausreichend sein müßte, um alle Äste des Plexus brachialis distal der Fasciculi zu umspülen; dies entspricht ungefähr einem Volumen von zweiundvierzig Millilitern Lösung. Fünfzig Milliliter Lösung sind das empfohlene Maximalvolumen für gesunde Männer; für Frauen, Kinder, ältere Leute und geschwächte Patienten ist es entsprechend zu reduzieren.

5.2.1.3 Indikationen/Kontraindikationen

Die Indikationen für eine Axillarisblock sind vor allem bei Eingriffen an der Hand und am Unterarm gegeben. Moore (26) empfiehlt für Operationen am Ellenbogen oder oberhalb davon, einen intradermalen und subcutanen Ring

aus Lokalanaesthetikum entlang der inneren Hälfte des Oberarms zu legen, um den Nervus cutaneus brachii medialis, den Nervus intercostobrachialis und den Plexus cervicalis superficialis zu blockieren. Auch Auberger (4) weist darauf hin, daß für Eingriffe im proximalen Teil des Oberarms oder an der Schulter eine Ergänzungsanaesthesie des Plexus cervicalis superficialis notwendig ist.
Von Moore wird der axilläre Zugang für Kinder bis zwölf Jahre bevorzugt, da diese in der Regel unkooperativ sind, außerdem stark sediert, ihre ersten Rippen sehr klein sind (was den supraclaviculären Zugang erheblich erschweren würde) und Eingriffe im Bereich des Schultergürtels in dieser Altersgruppe ohnehin die Ausnahme darstellen. Angezeigt ist der Axillarisblock auch bei unkooperativen Erwachsenen, bei ambulanten Patienten (da diese postoperativ nicht über vierundzwanzig Stunden überwacht werden können, was bei supraclaviculärem Zugang wegen der Pneumothoraxgefahr notwendig wäre) sowie bei Emphysematikern, die zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Spontanatmung auf die Funktion des Nervus phrenicus angewiesen sind, (der beim supraclaviculären Zugang mitblockiert werden kann).

5.2.1.4 Komplikationen

Die häufigsten Komplikationen des axillären Zugangs zum Plexus brachialis sind Verletzungen von Gefäßen und Nerven sowie intravasale Injektionen des Lokalanaesthetikums. Bei Patienten mit hämorrhagischer Diathese ist das Risiko eines Hämatoms erhöht.

5.2.1.5 Beurteilung

Zur Katheter-Technik legte Hollmen (18) 1966 eine Untersuchung über die Erfolge von axillären Plexusblockaden nach herkömmlicher Methode vor, an der Selander (33) die

Ergebnisse mit Teflonkathetern maß. Beide Techniken schnitten in diesem Vergleich gleich gut ab. Selander gibt an, daß die Ergebnisse des Axillarisblocks mit Teflonkathetern hinsichtlich der Blockade des Nervus radialis und des Nervus musculocutaneus nicht ganz überzeugend sind. Da der Katheter meist oberflächlich in die Gefäß-Nerven-Scheide eingeführt wird, kann der tiefer als die Gefäße liegende Nervus radialis gelegentlich nicht in ausreichendem Maße erreicht werden. Der Nervus musculocutaneus verläßt die Gefäß-Nerven-Scheide hoch in der Axilla und verläuft dann innerhalb des Musculus coracobrachialis. Deshalb ist es schwierig, diesen Nerven auf axillärem Wege überhaupt zu blockieren. Die Katheter-Methode scheint dieses Problem auch nicht ganz lösen zu können.
Racenberg und Schmidt (31) und Sprotte (37) betonen allerdings, daß durch das Vorschieben des Katheters in die Achselhöhle eine höhere Ausbreitung der Anaesthesie als bei der 'single-shot'-Technik zu erzielen ist. Zum Beispiel ist auch die Blockade des Nervus axillaris und damit das schmerzfreie Anlegen einer Oberarmmanschette zur Blutleere möglich. Die Autoren halten die Katheter-Plexus-Anaesthesie mit axillärem Zugang in der Effizienz für der supraclaviculären Technik nach Kulenkampff ebenbürtig, was die Sicherheit angeht sogar für überlegen.
Im Vergleich zu den Angaben in der Literatur liegt die Erfolgsquote von 75% bei unseren Axillarisblockaden relativ schlecht. Sowohl De Jong (1o) als auch Brand und Papper (7) geben ihre Erfolgsquoten mit 91,5% an. Racenberg und Schmidt (31) sprechen von nur 1,8% 'Versagern' bei insgesamt 277 von ihm untersuchten axillären Plexus-Blockaden. Schmidt et al (32) geben eine Versagerquote von 5% an, wobei sie die Beziehung zum Ausbildungsstand des durchführenden Arztes betonen. Nach ihren Angaben müssen Fachärzte in 3,9% mit 'Versagern' rechnen,

Ärzte in der Ausbildung aber in 13,2%. Angeregt durch diese extremen Zahlen sind auch die hier untersuchten Blockaden mit axillärem Zugang nach dem Ausbildungsstand der durchführenden Ärzte aufgeschlüsselt worden. Zwölf der zweiunddreißig Anaesthesien sind von einem Assistenten im zweiten Jahr seiner Facharztausbildung durchgeführt worden, der in 83,3% erfolgreich war. Ein Assistent der bereits seit sechs Jahren in der Anaesthesie tätig ist, konnte hingegen nur eine Erfolgsquote von 61,5% bei dreizehn axillären Plexus-Blockaden erzielen.
Das eigentliche Problem an der Universitätsklinik ist aber nicht die Zahl der bereits absolvierten Jahre zur Facharztausbildung, sondern vielmehr die mangelnde Gelegenheit, bestimmte Techniken auszuüben, die eigentlich nur in wenigen Abteilungen zur Anwendung kommen. So besteht die Notwendigkeit, eine Plexus-brachialis-Blockade anzulegen für den Anaesthesisten an der Universitätsklinik Tübingen nur während seiner Tätigkeit in der Orthopädie, der Unfallchirurgie und der chirurgischen Ambulanz. Da während der Ausbildungszeit aber turnusmäßig viele Abteilungen durchlaufen werden, ist es möglich, daß ein Anaesthesist über Jahre hinweg keine Plexus-Blockade durchführt. Die Erfolgsquote bei Assistenten, die ein oder zwei Jahre ihrer Facharztausbildung in kleineren Krankenhäusern abgeleistet haben, liegt hingegen bedeutend höher. Selbst wenn diese erst im zweiten oder dritten Ausbildungsjahr sind, haben sie häufig ein Vielfaches an Erfahrung in der Ausführung von Anaesthesieverfahren mit begrenzter Indikation gegenüber den Tübinger Kollegen am Ende ihrer Ausbildung. Dies deckt sich auch mit den Aussagen von Pichlmayer und Galaske (28), die bei einer Erfolgsquote von 84,5% zwar keinen eindeutigen Unterschied zwischen der Effektivität der Plexusblockaden von Anaesthesisten mit geringer und sehr großer zahlenmäßiger Erfahrung nachweisen konnten, aber

den Trend zur zunehmenden Wirksamkeit bei Kollegen mit mehr als hundert Plexusanaesthesien beobachtet haben. Verbessert werden kann diese Situation nur durch einen häufigeren Wechsel der Abteilung und verstärkte Übungsmöglichkeiten, zumindestens im Bereitschaftsdienst.
Beim Anlegen eines axillären Plexus-Blocks mit der Kathetertechnik werden nach Selander (33) bei 79,6% gute Ergebnisse erzielt, 5,1% der Blockaden sind als 'Versager' anzusehen und in 15,3% wird eine zusätzliche Blockade eines oder mehrerer der vier großen Nerven distal der Axilla notwendig. Bei uns wurden zwölf der zweiunddreißig Blockaden mit 17-er Kanülen und Heidelberger Verlängerungsstück - wie von Zenz und Glocker (43) beschrieben - ausgeführt; davon waren zehn, also 83,3% erfolgreich. Die übrigen zwanzig Blockaden wurden mittels Teflonkathetern der Marke Angiocath, The Deseret Company, mit einem Lumen von 2o G ausgeführt. Sechzehn davon waren erfolgreich (8o%). Dabei ist allerdings zu bedenken, daß dreizehn dieser Katheterplexus von einem Kollegen mit minimaler zahlenmäßiger Erfahrung in dieser Technik ausgeführt wurden, der es nur zu einer Erfolgsrate von 61,5% brachte. Bei den mit der Methode gut vertrauten Kollegen wurden mit den Kathetern in 1oo% Erfolge erzielt. Dies legt den Schluß nahe, daß in der Hand von erfahrenen Kollegen die Katheter-Plexus-Methode den herkömmlichen Verfahren mit Stahlkanülen qualitativ überlegen ist.
Nach unseren Ergebnissen der hier vorgelegten Arbeit fällt beim axillären Zugang die Motorik vor der Sensibilität aus. Eine Erklärung dafür - und gleichzeitig eine Bestätigung - findet sich bei Winnie, et al (42): der Grund liegt in der somatotopischen Gliederung der Fasern innerhalb eines Nervenbündels auf der Ebene der Primärstränge (Trunci). Die motorischen Fasern liegen peripherer als die sensiblen, so daß sie durch ein perineural gespritztes Lokalanaesthetikum schneller erreicht werden. Diese Erklärung trifft natürlich ebenso auf den

Plexusblock mit supraclaviculärem Zugang zu. Allerdings wurde diese Tendenz bei den hier untersuchten drei erfolgreichen Fällen nicht erkennbar. Die sensible Blockade beim axillären Block entwickelt sich von distal nach proximal früher und auch häufiger, beim supraclaviculären Zugang zeichnet sich eine solche Tendenz nicht deutlich ab. Dies deckt sich - im Gegensatz zu dem obigen Ergebnis: motorischer Ausfall vor sensiblem Ausfall - nicht mit den Ergebnissen von Lanz und Theiss (22), die eine von proximal nach distal verlaufende Blockadenentwicklung angeben.

5.2.2 Supraclaviculärer Zugang zum Plexus

5.2.2.1 Technik

Kulenkampff (21) war 1911 der Erste, der den Plexus brachialis von oberhalb der Clavicula blockierte. Nach seinen Angaben erfolgt die Anaesthesie des Plexus brachialis in seinem supraclaviculären Anteil am günstigsten dort, wo er lateral der Arteria subclavia durch die hintere Scalenuslücke tritt und als Bündel die erste Rippe überquert. Bei dieser Methode ist die aktive Mitarbeit des Patienten wichtig. Außerdem ist bedeutend mehr Erfahrung als für die Axillarisblockade notwendig. Der Patient wird auch hier auf dem Rücken gelagert; er wird gebeten, den Kopf um etwa dreißig Grad zur gesunden Seite zu drehen. Der laterale Rand des Musculus sternocleidomastoideus wird an seinem Ansatz an der Clavicula getastet. Etwa einen Zentimeter oberhalb des Schlüsselbeins und eineinhalb Zentimeter seitlich des lateralen Randes des Muskels befindet sich die Einstichstelle, unmittelbar lateral der gut tastbar pulsierenden Arteria subclavia. Die Arterie ist meist dort gut zu palpieren, wo eine Verlängerung der Vena jugularis externa die Clavicula schneiden würde. Die Nadel wird im rechten Winkel zur Haut eingestochen und in Richtung auf den dritten Brustwirbel-Querfortsatz vorgeschoben. Sobald Paraesthesien ausgelöst werden, wird die Nadel fixiert - im Allgemeinen in etwa zwei bis zweieinhalb Zentimeter Tiefe - und nach sorgfältiger Aspiration des Lokalanaesthetikum injiziert. Lassen sich zunächst keine Paraesthesien auslösen, so dient die erste Rippe als Leitgebilde, das mit der Kanülenspitze von der Punktionsstelle aus bis zum Auftreten von Paraesthesien in Arm oder Hand abgetastet wird. Zu beachten ist dabei, daß eine maximale Injektionstiefe von etwa viereinhalb Zentimetern bei sehr stark gebauten Patienten und von ent-

sprechend geringerem Ausmaß bei Schlanken nicht überschritten werden soll, da sonst die Gefahr eines Pneumothorax gegeben ist. Möglichst alle drei Nerven-Hauptäste sollten mit der Kanüle aufgesucht werden, das heißt: Paraesthesien im Ober- und Unterarm sowie auf beiden Seiten der Hand sollen ausgelöst werden. Nach Auberger (4) ist der Erfolg dieser Methode um so sicherer, je ausgedehnter die Paraesthesien in die Hand auftreten. Moore (25) weist im Zusammenhang mit der Methode nach Kulenkampff darauf hin, daß immer eine volle Spritze der Kanüle aufgesetzt sein sollte. Dies ermöglicht sofortige Injektion beim Auffinden von Paraesthesien. Auch betont er immer wieder den gerade für diese Methode so wichtigen Satz: " Keine Paraesthesie, keine Anaesthesie"!.
Dennoch kommen hin und wieder 'Versager' auch nach Auslösen von Paraesthesien vor, die eventuell dadurch bedingt sind, daß mit der Kanüle motorische und nicht sensible Fasern stimuliert worden sind.
Den besonderen Vorteil des Kulenkampff'schen Plexus sehen Berry und Bridenbaugh (5) darin, daß die Blockade dort erfolgt, wo der Plexus am kompaktesten ist, mithin ein vergleichsweise geringeres Volumen erforderlich ist, um ihn in der Gesamtheit zu umspülen.
Nach Kulenkampff (21) soll die motorische Lähmung unmittelbar nach der Injektion einsetzen, nach etwa fünfzehn bis dreißig Minuten soll der gesamte Arm motirsch blockiert, und bis auf ein kleines freieckiges Feld über dem Musculus deltoideus, anaesthesiert sein. Auch ein Teil der Schultermuskulatur wird nach seinen Angaben von der Parese miterfaßt. Die Dauer der Anesthesie beträgt nach Kulenkampffs Erfahrungen mit dem von ihm eingesetzten Procain etwa eineinhalb Stunden, wobei er allerdings auch Fälle mit einer Dauer von zwei bis drei Stunden beobachtet

hat. Wundschmerz trat erst etwa dreißig Minuten nach Rückkehr der Sensibilität in den übrigen Hautarealen auf, Schmerzen an der Injektionsstelle wurden überhaupt nicht gesehen. Neben dem Tolerieren des operativen Eingriffes ist für Kulenkampff das schmerzlose Ertragen der Blutleere-Manschette am Oberarm das zuverlässigste Kriterium zur Beurteilung der Qualität einer Plexus-brachialis-Anaesthesie.
Auch Berry und Bridenbaugh (5) sprachen von einem Zeitintervall zwischen fünf und dreißig Minuten bis zur kompletten Ausbildung der Anaesthesie des Armes, wobei sie empfehlen, den Patienten nach der Injektion zunächst fünfzehn Minuten lang ganz in Ruhe zu lassen, erst danach die Wirkung der Blockade zu testen. Eine der häufigsten Ursachen für angebliche 'Versager' der Methode ist ihrer Meinung nach der Operationsbeginn vor Ablauf der zur Ausbildung der Anesthesie notwendigen Zeit.
Bei Injektion ohne vorherige Auslösung von Paraestheisen verzögert sich die Ausbildung des Blocks im Allgemeinen auch nach Verwendung größerer Volumina, und die sensiblen Ausfälle sind häufig 'fleckig' verteilt, der Erfolg also unzureichend. Als erstes Anzeichen eines erfolgreichen Blocks beschreibt Kulenkampff Überwärmung des gesamten Armes durch Vasodilatation. Weitere Hinweise darauf ergeben sich aus der Schwierigkeit den Arm zu heben und zu beugen. Beim supraclaviculären sowie beim interscalenären Zugang ist zusätzlich das Auftreten der Horner' schen Symptomentrias als positives Zeichen zu werten. Allerdings handelt es sich hierbei nicht um ein sicheres Zeichen, da das Ganglion stellatum auch von einer abweichenden Nadel getroffen werden kann, ohne daß es zu irgendeiner Wirkung am Arm kommt. Andererseits ist das Horner-Syndrom nicht notwendigerweise immer Bestandteil einer erfolgreichen supraclaviculären Plexus-brachialis-Blockade.

Neben der Methode nach Kulenkampff, die heute die verbreiteste supraclaviculäre Technik darstellt, gibt es zahlreiche Varianten. Die Durchführung einer kontinuierlichen Plexusblockade mit Plastikkanülen ist nach Hempel, v.Finck und Baumgärtner (16) beim Kulenkampff'schen Plexus im Gegensatz zur Axillarisblockade sehr schwierig, da die Nadel die Gefäß-Nerven-Scheide im rechten Winkel durchsticht, so daß schon kleinste Verschiebungen um wenige Millimeter eine Injektion des Lokalanaesthetikums außerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide zur Folge haben. Dieselben Schwierigkeiten bleiben auch bei den Modifikationen des klassischen Kulenkampff'schen Plexus- einschließlich des parascalenären Zugangs - bestehen. Hempel et al. (16) haben eine Methode entwickelt, die die Vorzüge des supraclaviculären Zugangs zum Plexus mit denen des spitzwinkligen Eingehens in die Gefäß-Nerven-Scheide beim Axillarisblock in sich vereinigen soll. Der Patient wird auch hier in der oben beschriebenen Weise gelagert. Die interscalenäre Grube wird auf die von Winnie (41) beschriebene - im folgenden Abschnitt näher besprochene - Weise aufgesucht und - ebenso wie die Arteria subclavia - markiert. Die Schulter des Patienten wird heruntergezogen und etwa in der Mitte zwischen dem Punkt, wo die Arteria subclavia in der Supraclaviculärregion erscheint und dem Ansatz des Musculus trapezius an der Clavicula die Nadel eingestochen. Parallel zur Arteria subclavia wird die Nadel auf deren craniodorsaler Seite vorwärtsgeschoben. (Verwendet wurden Angiocath 2o F/5,1 cm lang von der Deseret Company). Die Nadel sollte nicht unter das Niveau der Arterie geraten, da sonst wieder die Gefahr eines Pneumothorax droht. Ist die Clavicula sehr vorstehend, muß die Nadel zu diesem Zweck manchmal etwas gebogen werden. Zweimal tritt beim Vorschieben der Nadel ein spürbares 'Knacken' auf: einmal beim Durchstechen der Fascia colli superficialis, das zeite Mal beim Ein-

dringen in die Gefäß-Nerven-Scheide. Sind bis zu diesem zweiten 'Knacks' keine Paraesthesien aufgetreten, kann die Nadel noch etwa einen Zentimeter vorwärtsgeschoben werden und sollte dann richtig liegen; nach der obligaten Aspiration kann das Lokalanaesthetikum injiziert werden. Paraesthesien sind hier also nicht Voraussetzung, dennoch empfiehlt Hempel, bei adipösen Patienten Paraesthesien auszulösen, um einen zuverlössigen Block zu erzielen. Die Erstbeschreibung einer kontinuierlichen Plexus-brachialis-Blockade auf supraclaviculärem Weg stammt von Ansbro (3) aus dem Jahre 1946, eine weitere von Pike (29) aus dem Jahre 1978.

5.2.2.2 Dosierung des Lokalanaesthetikums

Besonders deutlich wird die Frage der Dosierung der verwendeten Lokalanaesthetika, wenn man sich anhand der Veröffentlichungen von Winnie und Collins (39) klarmacht, daß eine Anesthesie des Plexus brachialis durchaus einer Periduralanaesthesie vergleichbar ist. Ist die Kanüle in die Gefäß-Nerven-Scheide eingedrungen, so ist nur eine einzige Injektion notwendig, die Ausdehnung der Anaesthesie ist allein von der Menge der injizierten Lösung abhängig. Werden fünfundzwanzig Milliliter eines Lokalanaesthetikums axillär in die Gefäß-Nerven-Scheide eingebracht, so ist dieses Volumen nicht ausreichend, um bis in die Höhe der Fasciculi zu gelangen. Vergrößert man das Volumen bei axillärem Zugang auf fünfzig Milliliter, so erreicht die Lösung das Niveau der ersten Rippe und führt zu einem vollkommenen sensiblen und motorischen Ausfall des gesamten Armes. Werden fünfundzwanzig Milliliter allerdings in den perivasculären Raum um die Arteria subclavia gespritzt, so führt auch dies zum vollkommenen sensiblen und motorischen Aufall des gesamten Armes. Werden bei diesem hohen Zugang fünfzig Milliliter Lösung injiziert,

so kommt es zur Anaesthesie von Arm, Hals und Schulter, da auch der Plexus cervicalis, der im oberen Anteil des interscalenären Raumes liegt mitbetroffen wird. Mit entsprechend hohem Volumen wäre dieser Effekt selbstverständlich auch auf axillärem Wege zu erreichen, was sich aber wegen der daraus resultierenden hohen Dosierung des Lokalanaesthetikums verbietet. Auch von Berry und Bridenbaugh (5) werden fünfzehn bis zwanzig Milliliter Lösung wegen der 'kompakten' Lage des Plexus hinter der ersten Rippe für ausreichend gehalten. Zu beachten ist, daß bei der Notwendigkeit einer Nachinjektion bei nur teilweise erfolgreicher Blockade immer auf die zulässige Maximaldosierung des jeweiligen Lokalanaesthetikums geachtet werden muß. Ist diese bereits überschritten, so muß mindestens eine dreiviertel Stunde gewartet werden.

5.2.2.3 Indikationen Kontraindikationen

Eine absolute Indikation für die Durchführung des supraclaviculären Plexusblocks ist nach Moore (25) die Unfähigkeit, den Arm zu abduzieren sowie Eingriffe am Schultergürtel. Zur Durchführung der Blockade kann der Arm in nahezu jeder Lage verbleiben. Nach Racenberg und Schmidt (31) ist der supraclaviculäre Plexus eigentlich nur dort indiziert, wo aus technischen oder medizinischen Gründen keine Axillarisblockade mit Kathetern durchgeführt werden kann, wie z.B. bei Ankylosen des Schultergelenkes oder Infektionen der Achselhöhle. Wie bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, ist nach Moores Ansicht der supraclaviculäre Plexusblock bei Kindern, unkooperativen Patienten, Ambulanten und Emphysematikern kontraindiziert. Eriksson (13) hebt hervor, daß bei großen schmalbrüstigen Patienten eine relative Kontraindikation gegen diese Technik vorliegt. Ihre Pleurakuppeln stehen oft sehr hoch, was die Gefahr einer Punktion erhöht.

Grundsätzlich rät er auch von der Durchführung eines beidseitigen Plexus-Blocks supraclaviculär ab.

5.2.2.4 Komplikationen

Von den Risiken und Komplikationen dieser Methode ist eine orthostatische Reaktion die harmloseste und nach Macintosh und Mushin (24) eigentlich nur bei Injektion im Sitzen zu beobachten. Harmlos ist auch die Punktion der Arteria subclavia; ex kann dabei gelegentlich zur Ausbildung eines Hämatoms kommen. Nach Auberger (4) ist eine direkte Nervenverletzung zwar möglich, häufiger sind Nervenschädigungen im Anschluß an Leitungsanaesthesien des Armes aber durch unsachgemäße Lagerung und mangelnde Abpolsterung der gefühllosen Extremität bedingt. Eine weitere harmlose und passagere Komplikation ist die bereits erwähnte Horner'sche Symptomen-Trias durch Blockade des Ganglion stellatum. In diesen Fällen hat sich das Lokalanaesthetikum einw ärts hinter die Carotisscheide und entlang der Rami communicantes ausgebreitet und das Ganglion stellatum oder die Sympathikuskette darüber erfaßt. Von Mushin und Macintosh (24) wird die Frequenz des Horner-Syndroms mit fünfzig Prozent angegeben, von Moore (25) und Berry und Bridenbaugh (5) mit siebzig bis neunzig Prozent. Letztere bringen es in Verbindung mit der Injektion großer Volumina. Zusätzliche Hinweiszeichen auf eine cervicale Sympathicuslähmung sind eine Schwellung der Nasenschleimhaut (Guttmann'sches Zeichen), injizierte Konjunktiven, trockene Haut und eine leichte Gesichtsrötung.
Weiterhin tritt als Komplikation des supraclaviculären Plexus-Blocks die Lähmung des Nervus phrenicus auf. Zwar ist auch dies eine passagere Erscheinung, die mit der Anaesthesie verschwindet; trotzdem verbietet sich aus diesem Grund die bilaterale Durchführung eines supraclaviculären Plexus-Blocks. Ihr Auftreten wird von Mooere (25) auch von Berry und Bridenbaugh (5) mit vierzig bis sechzig Prozent angegeben. Nachweisbar ist diese

Parese bei einseitigem Auftreten durch eine Röntgenaufnahme des Thorax.
Die bekannteste und gefürchteste Komplikation dieser Methode aber ist der (iatrogene) Pneumothorax, von dem nach Auberger (4) vor allem asthenische Patienten betroffen werden. Dieser Autor gibt die Frequenz eines Pneumothorax mit zwei bis vier Prozent an, Moore (25) mit einem halben bis vier Prozent, Berry und Bridenbaugh (5) gar mit einem halben bis sechs Prozent; sie betonen, daß diese Rate mit zunehmender Erfahrung des Anaesthesisten abnimmt. Dies widerspricht allerdings den Angaben von Pichlmayer und Galaske (28), die betonen, daß nur die Effektivität der Blockaden vom Ausbildungsstand des Anaesthesisten abhängt, nicht jedoch die Zahl der auftretenden Komplikationen. Hustet der Patient während der Durchführung des Blocks, muß an eine versehentliche Pleurapunktion gedacht werden. Die Prozedur ist zu unterbrechen und zur Kontrolle eine Thoraxaufnahme anzufertigen. Klagt der Patient über Schmerzen während der Anaesthesist nach Paraesthesien sucht, so ist dies in der Mehrzahl der Fälle durch eine Stimulation des Nervus thoracicus longus bedingt; die Möglichkeit einer pleuralen Irritation sollte jedoch nicht vergessen werden. Schmerzen bei der Atmung können sofort nach Punktion der Pleura auftreten oder aber auch erst nach bis zu zwölf Stunden. Manchmal treten Atemnot und Zyanose auf. Da sich der Pneumothorax oft erst nach Stunden entwickelt, sind die Röntgenaufnahmen sowie Auskultation und Perkussion nach einigen Stunden zu wiederholen. Eine Behandlung wird in den meisten Fällen nicht notwendig. Nach Mushin und Macintosh (24) wird die Luft innerhalb von einem bis zwei Tagen resorbiert. Andernfalls muß eine Drainage eingelegt werden.
Nach Berry und Bridenbaugh (5) ist es für einen Pneumo-

thorax nach supraclaviculärer Plexusblockade ungewöhnlich, sich nach vierundzwanzig Stunden noch zu vergrößern. Moore beschreibt das Auftreten umschriebener Unterhaut- und Mediastinalemphyseme nach Lufteintritt aus der Lungeins Gewebe am Ort der Injektion.
Beim supraclaviculären Block nach Hempel et al. (16) ist vom anatomischen Standpunkt her die Wahrscheinlichkeit, die Pleura zu punktieren größer als beim interscalenären Zugang nach Winnie (obwohl in den ersten hundert von ihm beschriebenen Fällen kein Pneumothorax auftrat).
Dafür aber besteht im Vergleich zur interscalenären Technik ein geringeres Risiko, die Dura zu punktieren oder epidural zu injizieren. Das Horner-Syndrom ist bei dieser Technik nicht häufiger als bei anderen supraclaviculären Methoden, nämlich in sechsundvierzig Prozent der Fälle. Durch die Verwendung von Plastikkanülen soll das Risiko von direkten Nervenschädigungen durch intraneurale Injektion herabgesetzt werden.

5.2.2.5 Beurteilung

Bei den an der Universität Tübingen mit der supraclaviculären Methode nach Hempel durchgeführten Plexus-Blockaden lag die Erfolgsquote bei 5o%. Winnie und Collins (39) geben für seine Methode (perivasculäre Injektion um die Arteria subclavia) eine Erfolgsquote von achtundneunzig Prozent bei hundert untersuchten Fällen an, wenn vor der Injektion Paraesthesien ausgelöst worden sind. Zu Pneumothoraces ist es bei seinem Krankengut nich gekommen, eine Phrenicus-Parese, gelegentliche Punktionen der Arteria subclavia und in einem Fall eine Konvulsion vierzig Minuten nach der Injektion wurden beschrieben. (Bei diesem Patient handelte es sich allerdings um einen Epileptiker mit Delirium tremens, so daß die Bedeutung des Lokalanaesthetikums für diesen Zwischenfall unklar bleibt). Nervenläsionen sind von ihm ebenfalls nicht be-

obachtet worden.
Brand und Papper (7) haben eine vergleichende Studie von Plexusblockaden mit axillärem und supraclaviculärem Zugang vorgelegt. Die Patienten waren zwischen vierzehn und sechsundachtzig Jahre alt. Von den zweihundertdreißig untersuchten supraclaviculären Blockaden waren einhundertvierundneunzig (das heißt: 84,4%) erfolgreich, sechsunddreißig (15,6%) waren 'Versager'. In einundzwanzig Fällen (9,1%) traten Komplikationen auf, davon vierzehn Pneumothoraces. Von den zweihundertsechsundvierzig begutachteten Axillarisblockaden waren zweihundertfünfundzwanzig (91,5%) erfolgreich, einundzwanzig (8,5%) waren 'Versager'. Insgesamt sind nur fünf Komplikationen (2%) aufgetreten, die alle relativ harmloser Natur waren (Hämatom oder postoperativer Schmerz). Vier der fünf Komplikationen traten bei Verwendung von 22-G-Nadeln (in insgesamt über hundert Fällen) wurde nur noch eine einzige Komplikation gesehen. In Bezug auf die Zeitspanne bis zum Eintritt der Anaesthesie - fünfzehn bis zwanzig Minuten - und deren Dauer ergaben sich keine Unterschiede zwischen den beiden Zugängen.

Diese Beobachtungen lassen die Autoren zu dem Ergebnis kommen, daß der axilläre Zugang dem herkömmlichen supraclaviculären überlegen sei. Die Erfolgsquote ist signifikant höher und die Rate an Zwischenfällen signifikant niedriger, wobei es sich darüberhinaus nur um harmlosere Zwischenfälle handelt und ein Pneumothorax gar nicht vorkommt.
Auch Pichlmayer und Galaske (28) haben insgesamt achthunderteinundzwanzig Plexus-brachialis-Blockaden untersucht, fünfhundertvierundvierzig davon mit supraclaviculärem und zweihundertsiebenundsiebzig mit axillärem Zugang. Die Erfolgsquote der Axillarisblockaden liegt bei ihnen bei 84,5 %, die der supraclaviculären Blockaden bei 92,5%. Dafür wurden beim Axillarisblock keine Komplikationen wie

Pneumothorax, Nervenläsionen oder Kreislaufreaktionen beobachtet. Bei den supraclaviculären Blockaden hingegen traten in acht Fällen (1,5%) Pneumothoraces - davon zwei Spannungspneumothoraces - auf, zusätzlich drei Nervenläsionen (o,6%) und in 2% der Fälle geringfügige Kreislaufreaktionen. Die Autoren wiesen nach, daß eine Tendenz zu zunehmender Effektivität der Blockaden bei Anaesthesisten zu beobachten ist, die bereits mehr als hundert Plexus-Anaesthesien durchgeführt haben. Pneumothoraxkomplikationen und Nervenläsionen aber ereignen sich unabhängig vom Erfahrungsgrad des Anaesthesisten. Auch hier wird der Axillarisblock für überlegen gehalten. Die Autoren empfehlen sogar, wegen der Pneumothoraxgefahr ganz auf Anwendung und praktische Erlernung des supraclaviculären Plexus-Blocks zu verzichten. Unsere, mit dem supraclaviculären Plexus erzielten Ergebnisse sind den in der Literatur beschriebenen unterlegen. Dazu muß aber erwähnt werden, daß bei nur sechs Blockaden eine abschließende Wertung nicht gerechtfertigt ist. Der Zugang war keinem der Anaesthesisten vertraut, die durchweg den Axillarisblock gewöhnt waren. Erst nach der Erarbeitung eines longituidinalen supraclaviculären Plexus-brachialis-Blocks durch Hempel et al. (16) findet diese Methode Eingang in den Klinikalltag. Hempel geht in seiner Veröffentlichung von hundert supraclaviculären Plexus-Blockaden aus, die in 96% erfolgreich waren.

5.2.3 Interscalenärer Zugang zum Plexus

5.2.3.1 Technik

Der Vollständigkeit halber soll hier auch der interscalenäre Zugang beschrieben werden, obwohl er in der Universitätsklinik Tübingen nicht praktiziert wird. Erstmals wurde er 197o von Winnie (41) erwähnt. Auch hier liegt der Patient auf dem Rücken, den Kopf leicht zur Gegenseite gedreht und die Schulter heruntergezogen. Um den hinteren Rand des Musculus sternocleidomastoideus besser palpieren zu können, sollte der Patient den Kopf vorübergehend etwas anheben. Die interscalenäre Grube wird dadurch identifiziert, daß man die palpierenden Finger von der Hinterkante des Musculus sternocleidomastoideus über den Muskelbauch des Musculus scalenus anterior zu der Grube zurückrollen läßt und diese dann markiert. Die Verlängerung einer durch den Cricoid-Knorpel verlaufenden waagrechten Linie unterteilt die interscalenäre Grube; der Plexus brachialis verläßt die interscalenäre Rinne unterhalb dieser Linie. Die Einstichstelle soll auf dieser Linie und gegenüber dem Querfortsatz des sechsten Halswirbels liegen. Eventuell liegt hier die Vena jugularis externa davor. Die Nadel wird nahezu senkrecht auf die 'Rinne' an der oberen Fläche des Querfortsatzes des sechsten Halswirbels hin vorwärtsgeschoben. Der Querfortsatz ist vor allem nach lateral, aber auch nach kaudal und leicht nach ventral gerichtet. Daher sollte die Nadel nach einwärts, etwa fünfundvierzig Grad nach kaudal und leicht nach ventral orientiert sein. Werden Paraesthesien angegeben injiziert man nach Aspiration das gesamte Volumen. Das Auslösen von Paraesthesien ist obligat.
Die Querfortsätze liegen in der Regel überraschend oberflächlich in etwa eineinhalb bis zwei Zentimeter Tiefe. Paraesthesien lassen sich im Allgemeinen ohne größere Schwierigkeiten bereits oberflächlich auslösen.

Gerät die Nadel in dieser geringen Tiefe in Kontakt mit Knochen ohne daß Paraesthesien ausgelöst worden sind, soll der Querfortsatz mit der Kanülenspitze abgetastet und auf diese Weise versucht werden, den 'Weg des Nerven' zu kreuzen. Kommt es erst in größerer Tiefe zu Knochenkontakt, so ist wahrscheinlich der Querfortsatz verfehlt worden und der Wirbelkörper wurde erreicht. Ist die Nadel bereits sehr weit in die Tiefe vorgescho ben und noch immer kein knöcherner Widerstand aufgetreten, muß davon ausgegangen werden, daß die Wirbelsäule überhaupt verfehlt worden ist und die Stichrichtung mehr nach dorsal gerichtet erfolgen sollte. Wird eine Nadel mit stumpfem Anschliff verwendet, so kann der Anaesthesist das Eindringen in die Gefäß-Nerven-Scheide spüren. Durch digitalen Druck während der Injektion und Massage unmittelbar danach wird ie Ausbreitung des Lokalanaesthetikums nach kaudal begünstigt. Denselben Zweck erfüllt nach Winnies Meinung auch das Aufsetzen des Patienten für etwa drei bis vier Minuten nach der Injektion.
Über den Beginn der Anaesthesie gibt Winnie an, daß sie nahezu unmittelbar nach der Injektion einsetze, jedoch erst nach etwa fünfzehn Minuten voll ausgeprägt sei.

5.2.3.2 Dosierung des Lokalanaesthetikums

Zur Dosierung des Lokalanaesthetikums schlägt Winnie vor, für jeden Inch (2,5 cm) Körpergröße beim erwachsenen Patienten einen halben Milliliter Lösung zu verwenden. Nach seinen Erfahrungen ist eine komplette sensible und motorische Blockade des Plexus brachialis erst bei einem Injektionsvolumen von vierzig Milliliter zu erreichen; mit einem Volumen von zwanzig Milliliter bleibt oft der Nervus ulnaris ungeblockt, da er hinter und oft unterhalb der Arteria subclavia gelegen ist und so von einer kleineren Menge Lokalanaesthetikums nur schlecht erreicht wird. Berry und Bridenbaugh (5) empfehlen die Verwendung

von zehn bis vierzig Millilitern Lösung, je nach gewünschter Ausdehnung der Blockade und Körperbau des Patienten. Nach ihren Angaben kommt es nach der interscalenären Injektion von zwanzig Millilitern Lösung zur Anaesthesie der unteren Cervicalnerven und des größten Anteils des Plexus brachialis. Plexus cervicalis und Plexus brachialis werden auch nach ihren Angaben in ihrer Gesamtheit erst nach Injektion von vierzig Millilitern Lösung blockiert.

5.2.3.3 Indikationen/Kontraindikationen

Der interscalenäre Zugang wurde als Alternative zum supraclaviculären entwickelt. Nach Berry und Bridenbaugh (5) bietet er sich besonders an für Eingriffe im Bereich der Schulter, die eine proximale Blockade und und oft auch eine Plexus-cervicalis-Blockade erforderlich machen. Der Arm kann auch bei dieser Methode - wie beim supraclaviculären Plexus - in nahezu jeder beliebigen Stellung verbleiben. Bei kräftig gebauten Patienten sind die notwendigen anatomischen Bezugspunkte immer eindeutig, was die Durchführung des Blocks nach Winnie erleichtert und ihn bei dieser Patientengruppe angezeigt erscheinen läßt.
Winnie selbst spricht sich für die Anwendung seiner Methode vor allem bei Patienten, die nicht mitarbeiten können - Bewußtlose, Kinder und Greise- aus. Bei zu erwartender längerer Dauer des Eingriffes kann auch bei diesem Zugang eine kontinuierliche Blockade mit Plastikkanülen durchgeführt werden.

5.2.3.4 Komplikationen

Durch die Höhe der Injektion ist die Gefahr eines Pneumothorax nicht gegeben. Theoretisch ist allerdings sowohl eine subarachnoidale als auch eine epidurale Injektion möglich, ebenso eine Injektion in die Arteria

vertebralis. Winnie selbst hat jedoch bei vielen hundert interscalenärer Blocks keine dieser Komplikationen gesehen, auch hält er sie bei Beachtung der leicht nach kaudal führenden Stichrichtung für grundsätzlich vermeidbar.
Nach Berry und Bridenbaugh (5) ist auch die Blockade des Nervus phrenicus möglich, ebenso gelegentlich eine Beteiligung des Nervus vagus sowie des Nervus laryngeus recurrens und der sympathischen cervicalen Nerven am Block. Da letztere Erscheinungen klinisch bedeutungslos sind, gilt es lediglich, die Patienten zu beruhigen. In diesem Fall ist eine Veröffentlichung von Kumar, Battit, Froese und Long (2o) aus dem Jahre 1971 zu erwähnen. Es handelt sich um eine bis dahin noch nicht beschriebene Komplikation des interscalenären Blocks in zwei Fällen: nämlich die bilaterale Ausfallserscheinungen mit zusätzlicher Atemlähmung.
Bei einer Patientin konnten zunächst keine Paraesthesien ausgelöst werden. Beim Abtasten des Querfortsatzes des sechsten Halswirbels gab sie jedoch Paraesthesien in die Ellenbeuge und die Finger an, woraufhin vierzig Milliliter Lösung injiziert wurden, da bei der vorgesehenen Operation auch das Ulnarisgebiet anaesthetisch sein mußte. Sowohl der sensible als auch der motorische Block erstreckten sich nach fünfzehn Minuten von C 5 bis Th 1. Fünfundzwanzig Minuten nach der Injektion traten Schwierigkeiten beim Atmen auf, die Zwerchfellbeweglichkeit war schlecht und die Atemhilfsmuskulatur mußte eingesetzt werden. Ipsilateral war ein motorischer Block nachweisbar, der sensible Block dehnte sich beiderseits von C 2 bis Th 8 aus. Ein Hornau-Syndrom war nicht nachweisbar. Der Zustand besserte sich - nach vorübergehender assistierter Beatmung mit reinem Sauerstoff über Maske - etwa fünfunddreißig Minuten nach der Injektion. Zweidreiviertel Stunden später war die Patientin wieder beschwerdefrei und symptomenfrei. Auch bei dem zweiten

Patienten konnten Paraesthesien erst nach Abtasten des Wirbelquerfortsatzes mit der Kanülenspitze ausgelöst werden, dann wurden auch in diesem Fall vierzig Milliliter Lösung injiziert. Der Block war nach zehn Minuten komplett und erstreckte sich von C 1 bis Th 4, achtzehn Minuten nach der Injektion dehnte er sich bereits bis Th 12 aus. Der Blutdruck war zu diesem Zeitpunkt von seinem Ausgangswert von 115/7o auf 75/35 gesunken, es traten zunehmende Atembeschwerden auf. Ipsilateral waren das Zwerchfell und die Intercostalmuskulatur gelähmt. Der Patient mußte intubiert und beatmet werden. Eineinhalb Stunden nach Ausführung des Blocks war immer noch ein vollkommener sensibler Ausfall von C 1 bis Th 6 nachweisbar, Zwerchfell und Intercostalmuskulatur konnten noch nicht bewegt werden. Erst nach vier Stunden waren alle sensiblen und motorischen Funktionen zurückgekehrt.

Allein durch die Verwendung eines großen Volumens kann weder der bilaterale sensible Block von C 2 bis Th 8 noch die bilaterale Lähmung von Zwerchfell und Intercostalmuskulatur erklärt werden. Eine subarachnoidale Injektion würde zwar die beiderseitige motorische und sensible Blockade in den beschriebenen Fällen erklären, allerdings wäre bei den großen Volumina und dem hohen Injektionsort eher eine totale Spinalanaesthesie zu erwarten als nur eine begrenzte, wie sie sich tatsächlich entwickelte. So scheint eine epidurale Injektion bedeutend wahrscheinlicher zu sein, als eine subarachnoidale. Möglicherweise wurde die Nadel zu tief vorwärtsgeschoben und geriet statt wie gewünscht mit dem Querfortsatz, mit dem Wirbelkörper in Kontakt. Beim Abtasten des vermeintlichen Querfortsatzes und dem Auslösen der Paraesthesien wurde wahrscheinlich in den Epiduralraum eingestochen und das Anaesthetikum epidural injiziert. Es breitete sich auf die kontralaterale Seite des cervicalen Epiduralraumes

und auf die beiden Seiten des thoracalen Epiduralraumes aus. Daß sich die Lösung bei richtiger Applikation aufgrund ihres hohen Volumens bis zum Epiduralraum ausbreiten konnte, ist zwar möglich, aber nicht sehr wahrscheinlich.
Macintosh und Mushin (24) beschreiben als Komplikation des interscalenären Plexus-Blocks auch noch das Auftreten von Heiserkeit und Horner'schem Symptomenkomplex durch Beteiligung des Ganglion stellatum, wobei diese Symptome mit Beginn der Anesthesie einsetzen und mit dieser auch wieder abklingen. Nach Moore führt zu tiefer Infiltration entlang der hinteren Grenze des Musculus sternocleidomastoideus in zwei bis drei Prozent der Fälle zu einer Recurrensparese. In fünf bis acht Prozent der Fälle ist diese mit einer Blockade des Ganglion stellatum verbunden. Die Recurrensparese mit Stimmbandlähmung kann beim stark sedierten Patienten zu Atemschwierigkeiten führen.

5.2.3.4 Beurteilung

Nach Winnie (41) handelt es sich bei seiner Methode um ein besonders leicht erlernbares und erfolgssicher durchführbares Verfahren. Racenberg und Schmidt (31) sind jedoch in diesem Punkt völlig gegensätzlicher Meinung. Wegen der mit diesem Block verbundenen Gefahren und Komplikationsmöglichkeiten raten sie, ganz auf den routinemäßigen Einsatz des interscalenären Plexus-Blocks zu verzichten und ihn als exclusive Technik der Erfahrenen zu betrachten.

5.3. Die Verwendung einer immobilen Nadel zur Plexus-Anaesthesie

Von größter Bedeutung für den Erfolg jeder Nervenblokkade ist nicht nur die richtige Plazierung der Nadel, sondern auch deren sichere Fixierung am Injektionsort. Winnie (4o) hat 1969 die Verwendung einer Kanüle vorgeschlagen, die über einen Verlängerungsschlauch mit der Spritze flexibel verbunden ist. So können Aspiration und Injektion ohne jede Bewegung der Kanüle erfolgen, eventuell durch eine Hilfsperson. Auch wenn die Spritze abgenommen oder aufgesetzt werden muß, kommt es zu keiner Verschiebung. Dieses Konzept ist durch Zenz und Glocker (43) 1981 aufgegriffen worden, wobei ein Instrumentarium mit kurz angeschliffener Kanüle Verwendung findet. Es handelt sich dabei um eine 24 G-Kanüle, die in Länge und Durchmesser der bisher verwendeten 17-er-Kanüle entspricht, deren Spitze jedoch in einem Winkel von fünf/undvierzig Grad angeschliffen ist. Ein fünfundzwanzig Zentimeter langer Schlauch mit beiderseitigen Luer-Lok-Anschlüssen verbindet die Nadel mit der Spitze. Das Set aus Nadel und Plastikschlauch ist als Einmalset 'Plexufix' bei der Firma BBraun, Melsungen, erhältlich.
Über den Vorteil der immobilen Nadel hinaus wird mit der verwendeten Kanüle die Gefahr der traumatischen Nervenläsion vermindert und eine sichere Hilfe zur Identifizierung der Gefäß-Nerven-Scheide gegeben, da diese durch den stumpfen Schliff der Kanülenspitze nur mit spürbarem Wi/derstand punktiert werden kann.

5.4 Methodenunabhängige Komplikationen

Nach Racenberg und Schmidt (3o) sollte bei Komplikationen, die im Zusammenhang mit dem Anlegen einer Plexus-brachialis-Anaesthesie auftreten, einerseits zwischen Schäden , die durch unzureichende technische Durchführung und andererseits Langzeitschäden, die durch Verletzungen des Nervenbündels entstehen, unterschieden werden. Zu der ersten Gruppe ist die Punktion der Pleura mit nachfolgendem Pneumothorax nach supraclaviculärem Plexusblock zu rechnen. Außerdem gehören die 'Versager' der Lokalanaesthesie dazu.
Langzeitschäden durch Verletzungen des Nervenbündels äußern sich als Paraesthesien oder Schmerzen, die sowohl nach Pichlmayer und Galaske (28) als auch nach Schmidt, Racenberg, Hildebrand und Bück (32) nicht länger als drei Wochen bestehen bleiben und nur als Folge einer supraclaviculären Plexus-Blockade auftreten.

Eine Arbeit über die Verletzung peripherer Nerven durch Injektionsnadeln für Lokalanaesthesien haben Selander, Dhuner und Lundborg (34) 1977 veröffentlicht. Derartige Verletzungen kommen nach ihren Angaben in Null bis fünfzehn Prozent der Fälle vor und äußern sich als leichte Paraesthesien oder andere sensible Störungen, als Schmerzen oder Muskelparalysen. Ob diese Störungen durch direkte Traumatisierung mit der Nadelspitze, durch intraneurale microvasculäre Verletzung und Hämatombildung oder durch toxische Effekte des Lokalanaesthetikums hervorgerufen werden, ist nicht ganz geklärt.
Selander führte seine Versuche mit Standard-Nadeln mit vierzehn-Grad - angeschliffener Spitze und mit Nadeln mit fünfundvierzig Grad - angeschliffener Spitze durch. Dabei waren bei der vierzehn-Grad-Spitze eindeutig mehr Verletzungen nachzuweisen als bei der fünfundvierzig-Grad-Spitze, wobei bei der herkömmlichen vierzehn-Grad-Spitze das Ausmaß der Ver-

letzung abhängig von deren Ausrichtung war, das heißt: wenn die Nadel parallel zum Nerven zwischen den Fasern eindringt werden weniger Fasern zerschnitten als bei Eindringen im rechten Winkel (quer zum Faserverlauf).

Nach Stöhr (38) werden Schädigungen peripherer Nerven sowie von Nervenplexus und Nervenwurzeln vor allem durch mechanische Faktoren ausgelöst, wobei Verletzungen von Nervenfaszikeln und Nervengefäßen durch Injektonsnadeln, bzw. durch den Injektionsdruck dominieren. Früher waren vor allem toxische und infektiöse Reaktionen, die heute sehr selten geworden sind, dafür verantwortlich. Der Autor stellt zur Diskussion, daß das Auslösen von Paraesthesien für intraneurale Lage der Nadel sprechen kann und daher erst nach Zurückziehen um einige Millimeter injiziert werden solte. In seinem Lehrbuch werden alle Blockadetechniken abgelehnt, die auf die Auslösung von Paraesthesien abzielen.
Auch Selander, Edshage und Wolff (35) geben an, daß es bei Plexusblockaden nach Auslösung von Paraesthesien in 2,8% der Fälle zu Armplexusläsionen kommt, bei Orientierung an der Arteria axillaris aber nur in o,8%. Die Injektion hat darüberhinaus langsam und mit geringem Druck zu erfolgen.
Ist es einmal zu einer Plexusschädigung gekommen, kann die Höhe durch Prüfung der Schweißsekretion lokalisiert werden, worauf Olivecrona, Tönnis und Krenkel (27) hinweisen.

6. Zusammenfassung:

Von achtunddreißig untersuchten Plexus-brachialis-Blokkaden wurden zweiunddreißig mit axillärem Zugang, sechs mit supraclaviculärem Zugang durchgeführt.
Nach den vorgegebenen Kriterien (siehe 3.) waren fünfundsiebzig Prozent der Axillarisblockaden und fünfzig Prozent der supraclaviculären Plexus-Blockaden erfolgreich.
Da die zweite Gruppe aber nur sechs Plexus-brachialis-Blockaden umfaßt, erscheint eine abschließende Bewertung des supraclaviculären Zugangs nicht gerechtfertigt.
Daher kann nicht ohne weiters aus den genannten Prozentzahlen auf eine geringere Wirksamkeit dieser Methode geschlossen werden, wie auch die Erfolgsquoten in der Literatur zeigen (z.B. Winnie und Collins (39) 98%, Pichlmayer und Galaske (28) 92%.

Offenkundig wird der axilläre Zugang bevorzugt - einerseits wegen des größeren Bekanntheitsgrades, andererseits wegen der geringeren potentiellen Risiken. Das bedeutet gleichzeitig, daß die Anaesthesisten in dieser Methode die größte Übung haben. Dies könnte ein wesentlicher Grund für den besseren Erfolg des axillären Zugangs im hier untersuchten Kollektiv sein.

Liste der in Plexus-brachialis-Anästhesie durchgeführten Eingriffe

A. Eingriffe im Bereich des Ellenbogens
1. Mit supraclaviculärem Zugang zum Plexus
1 Entfernung einer Gelenkmaus im Ellenbogengelenk
1 Operation nach Hohmann und Wilhelm bei Epicondylitis rad.
2 Bursaexstirpationen bei Bursitis olecrani
2. Mit axillärem Zugang zum Plexus
6 Operationen nach Hohmann und Wilhelm bei Epicondylitis radialis
1 Gelenktoilette bei intraarticulärer Verkalkung
1 Metallentfernung
1 Entfernung einer Gelenkmaus im Ellenbogengelenk

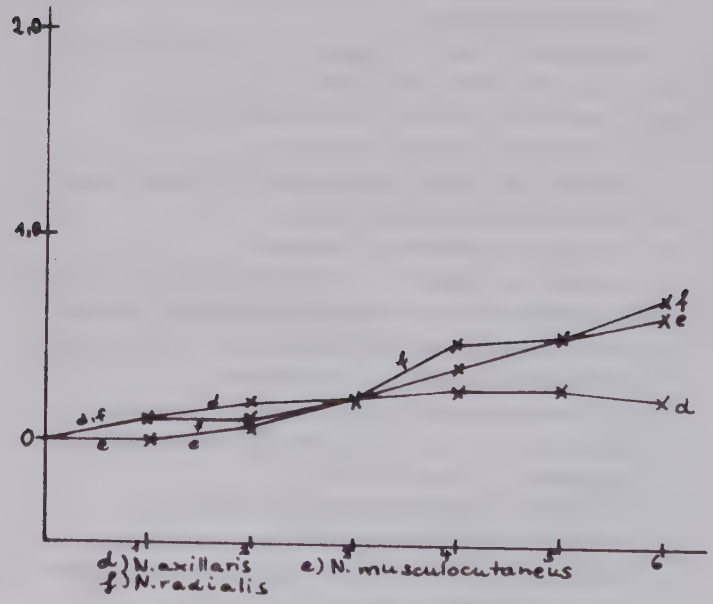
B. Eingriffe im Bereich der Hand
1. Mit supraclaviculärem Zugang zum Plexus
1 Exstirpation eines Ganglions
1 Spaltung des Lig.transversum bei Carpaltunnelsyndrom
2. Mit axillärem Zugang zum Plexus
7 Exstirpationen eines Ganglions
1 Matti-Russe-Plastik bei Naviculare-Pseudarthrose
1 Exstirpation eines Fadengranuloms am Daumen
1 Exstirpation eines Osteoblastoms am Zeigefinger
4 Spaltungen des ersten Sehnenfachs bei Tendovaginitis stenosans de Quervain
3 Ringbandspaltungen bei schnellendem Daumen
1 Kirschnerdrahtentfernung bei Zustand nach Syndaktilietrennung
1 Excision einer Dupuytren'schen Kontraktur
1 Neurolyse und Ulnarisfreilegung bei Ulnarisirritation
1 Hautplastik, Tendolyse und Arthrolyse bei Kontraktur des Daumens
1 Os-pisiforme-Transposition bei Lunatummalacie

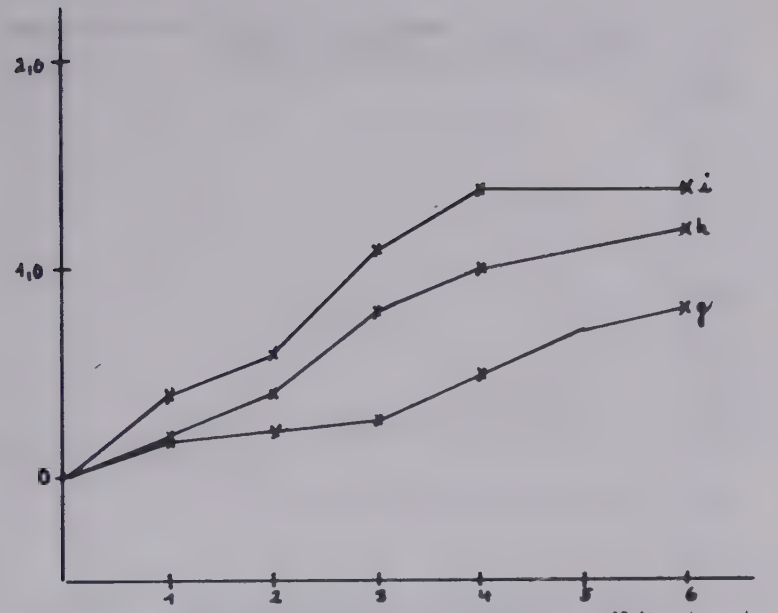
C. Eingriffe im Bereich des Unterarmes
Mit axillärem Zugang zum Plexus
1 osteosynthetische Versorgung bei Unterarmfraktur

Eingriffe im Bereich des Oberarms wurden nicht durchgeführt

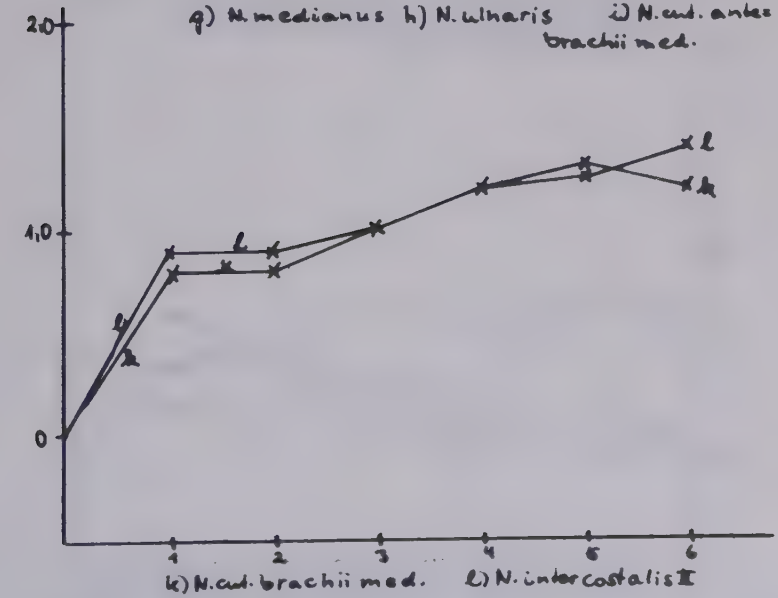
1.1, Erfolgreiche Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang: Sensibilitätsverlust

a) N. occipitalis min.
b) N. transversus colli
c) Nn. supraclaviculares
} Ø Veränderung der Sensibilität



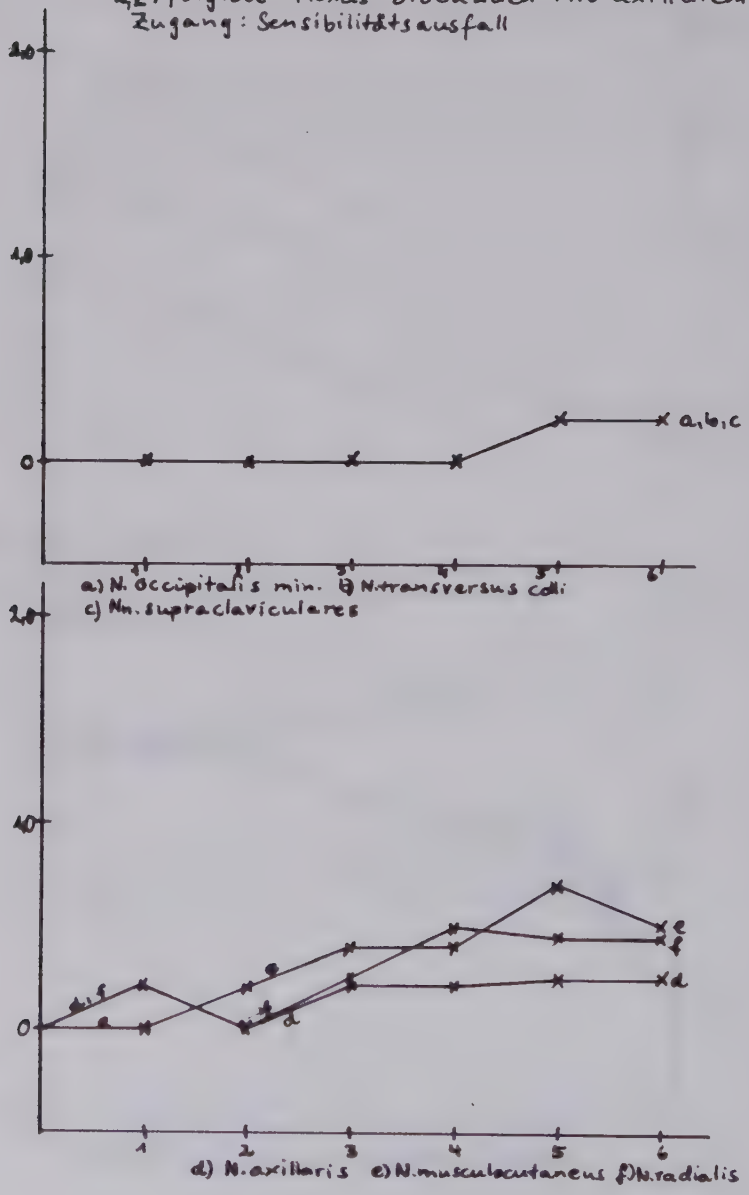


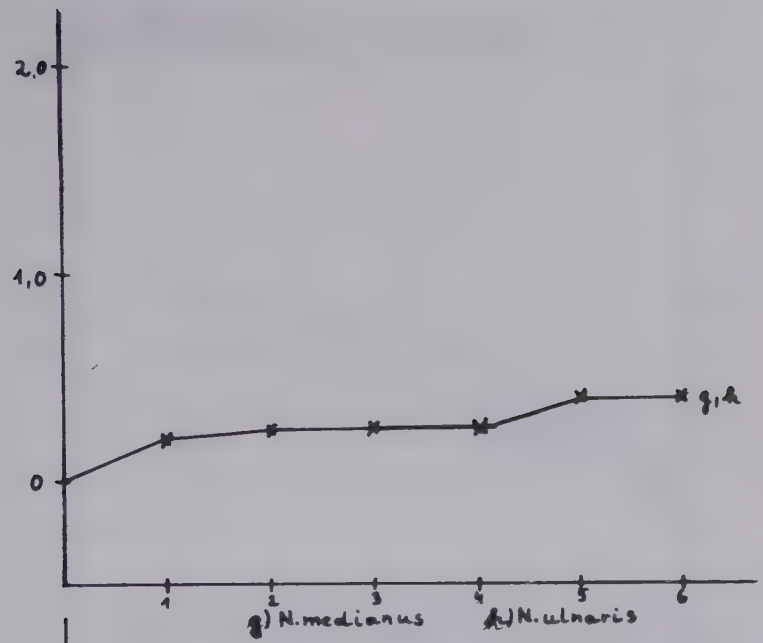
g) N. medianus h) N. ulnaris i) N. cut. antebrachii med.

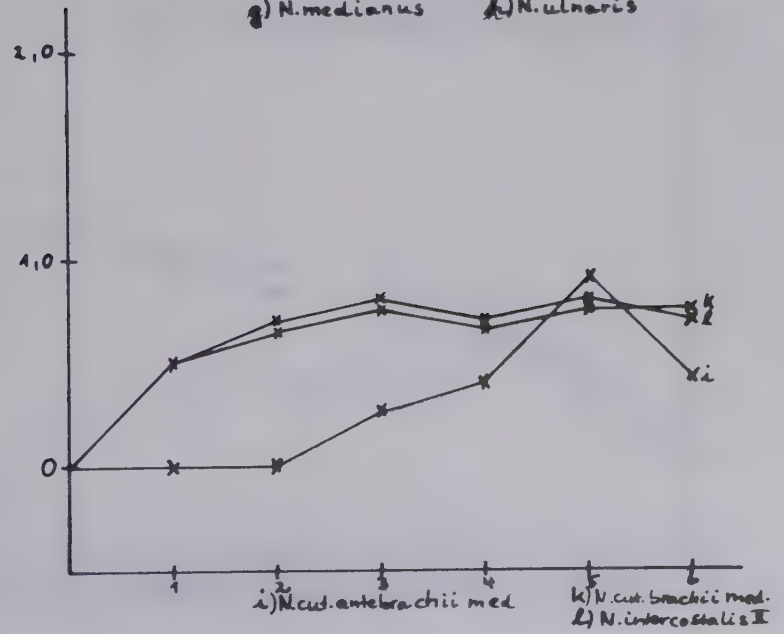


k) N. cut. brachii med. l) N. intercostalis II

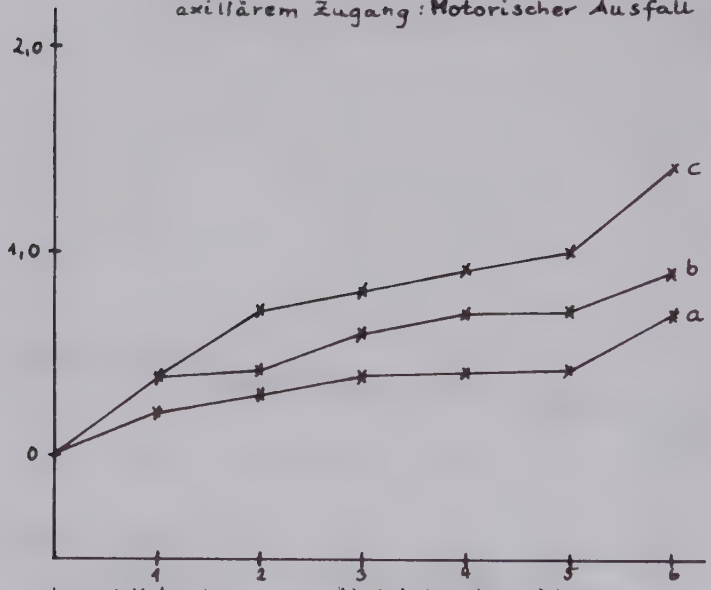
1.2 Erfolglose Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang: Sensibilitätsausfall



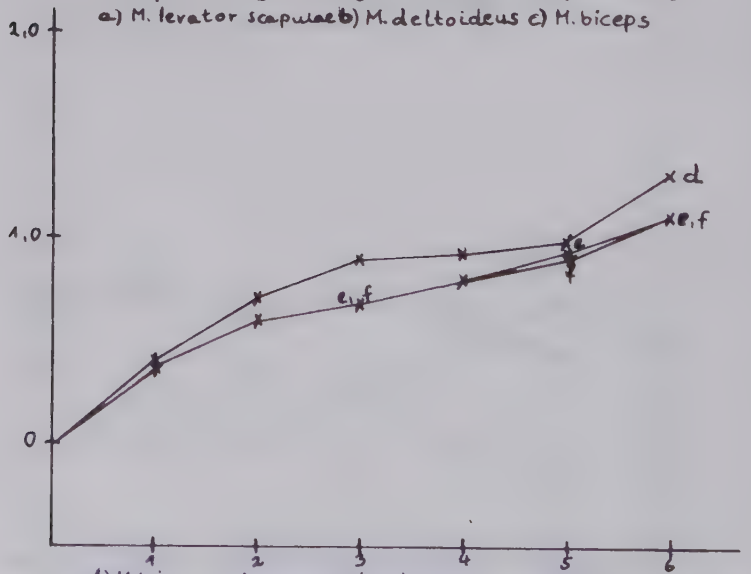

2,0
1,0
0
1
2
3
4
5
6
g,h
g) N.medianus
h) N.ulnaris


2,0
1,0
0
1
2
3
4
5
6
k
l
i
i) N.cut. antebrachii med
k) N.cut. brachii med.
l) N. intercostalis II

1.3 „Erfolgreiche" Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang: Motorischer Ausfall

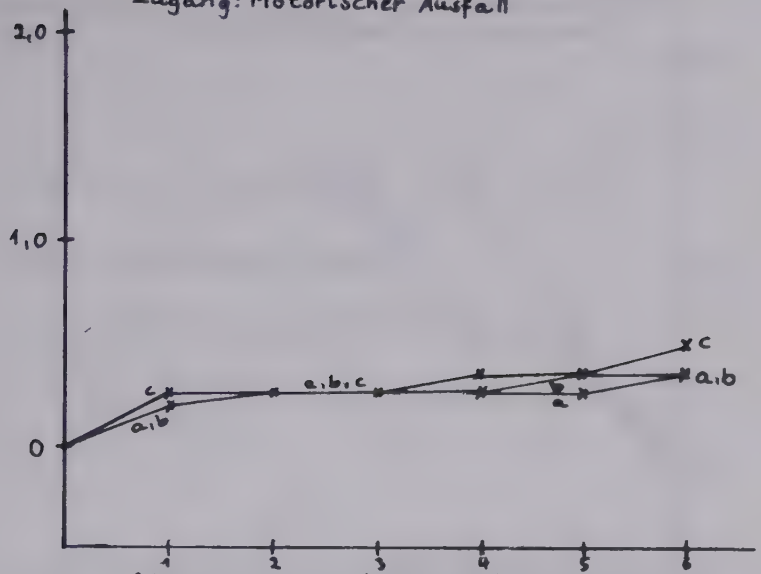


a) M. levator scapulae b) M. deltoideus c) M. biceps

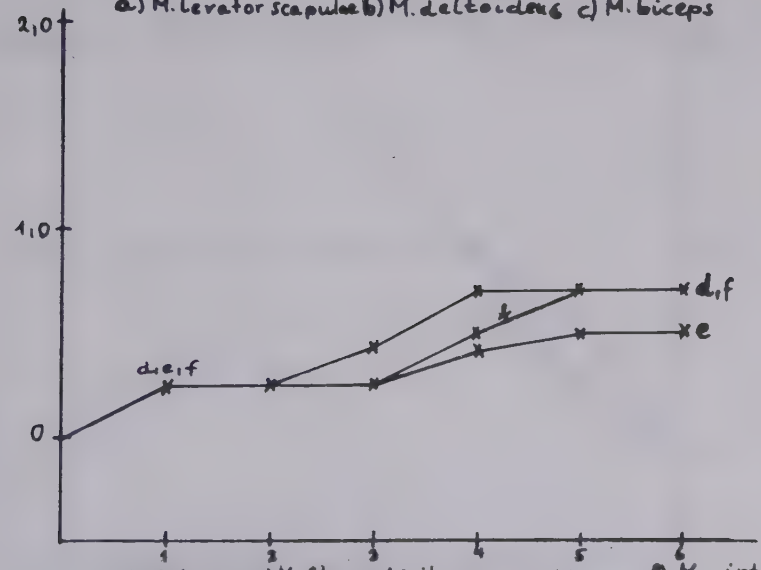


d) M. triceps e) M. flexor digitorum comm. f) Mm. interossei

1.4, Erfolglose Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang: Motorischer Ausfall

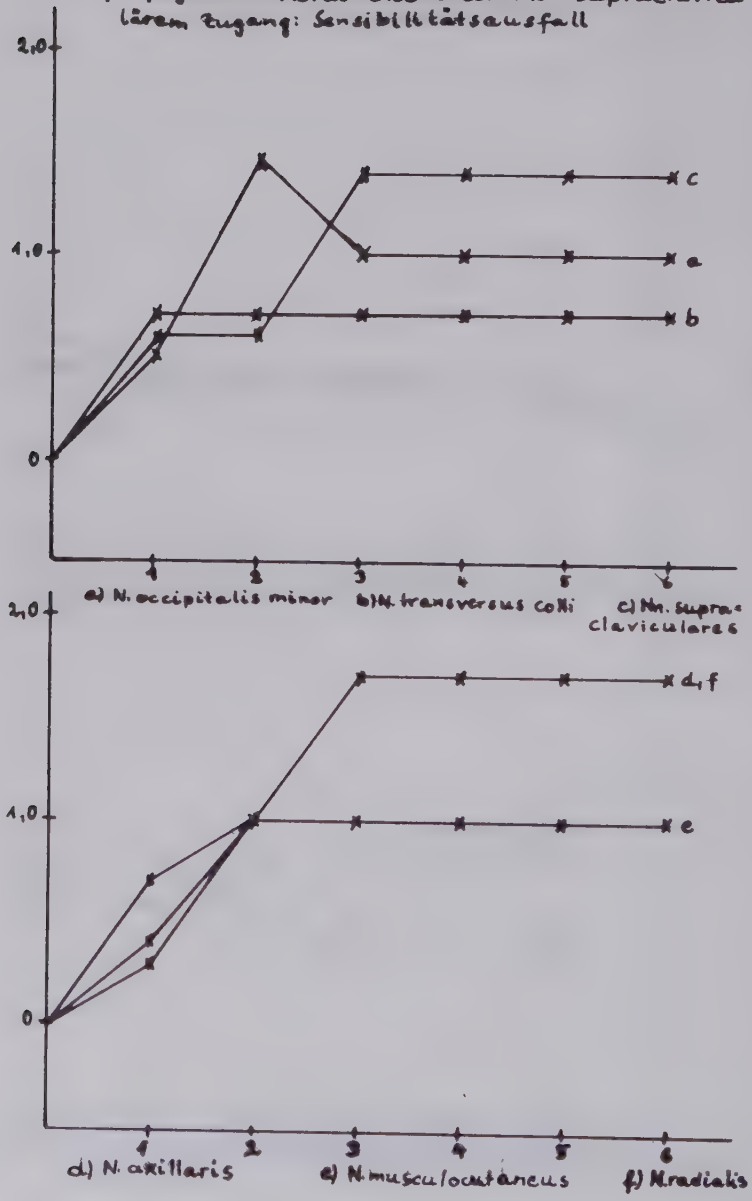


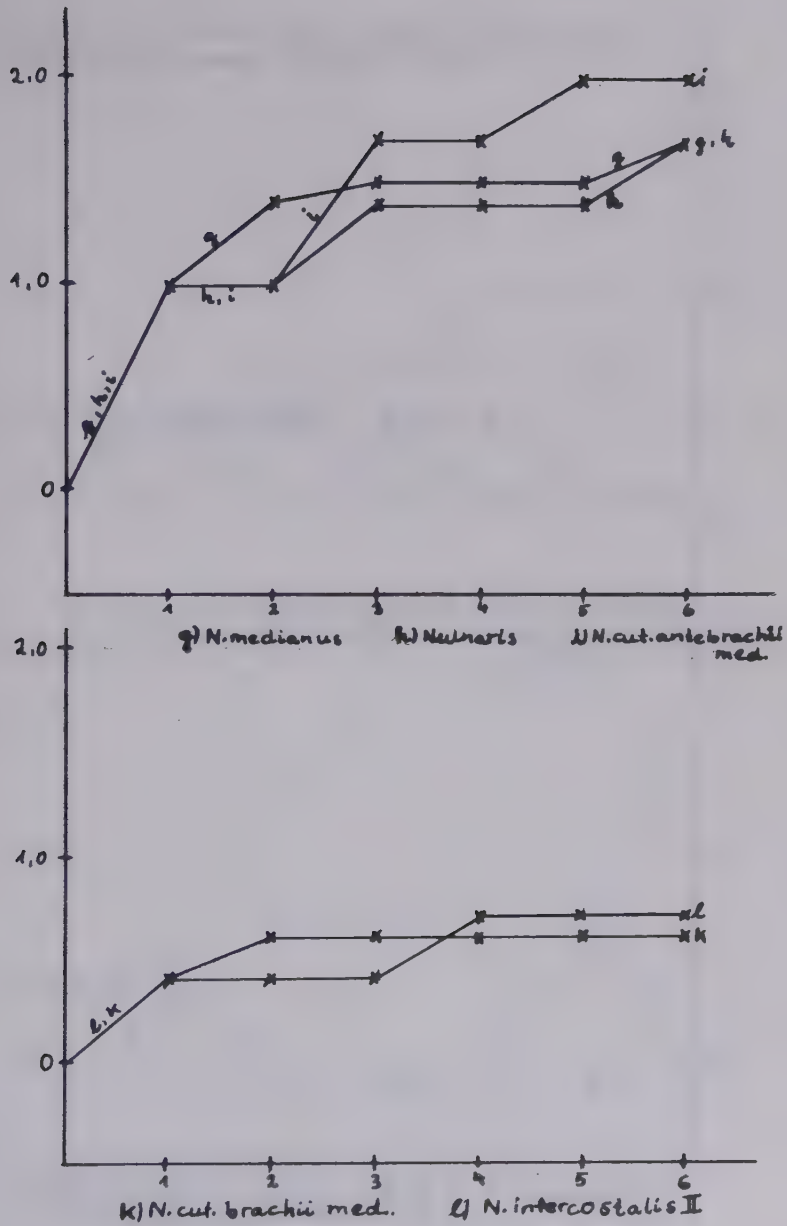
a) M. levator scapulae b) M. deltoideus c) M. biceps



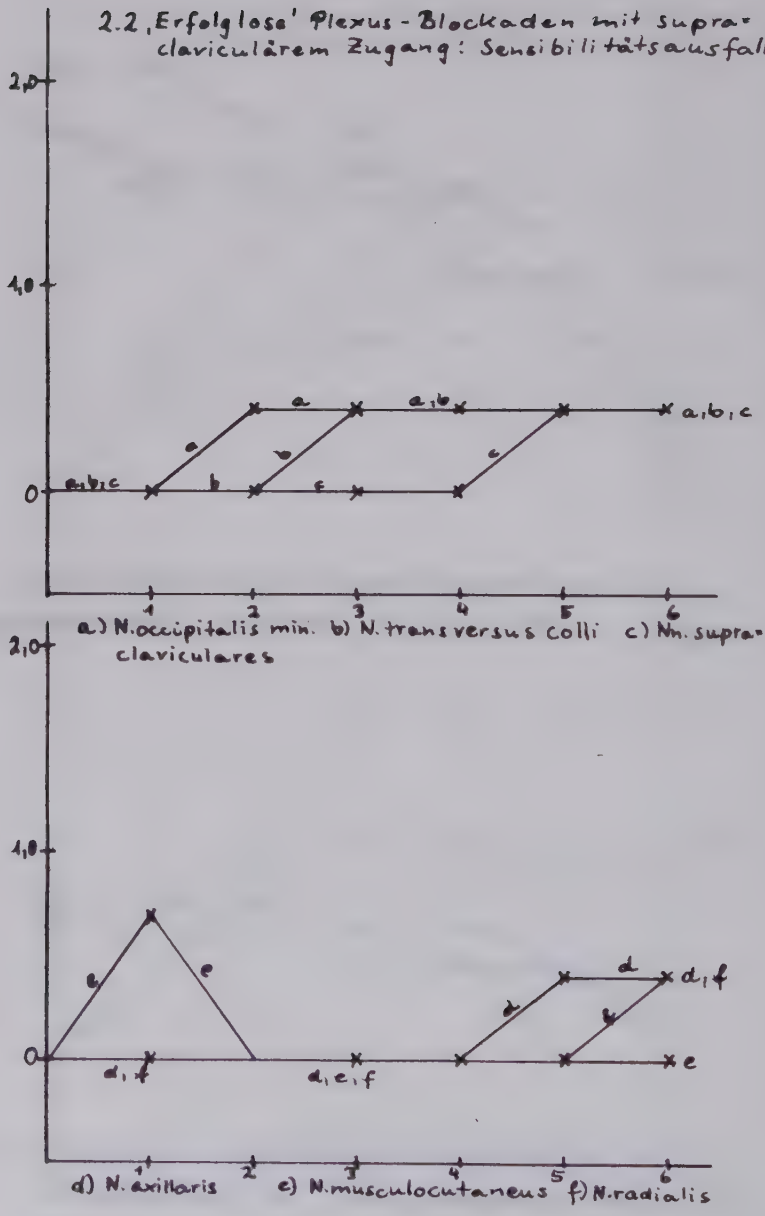
d) M. triceps e) M. flexor digitorum comm. f) Mm. interossei

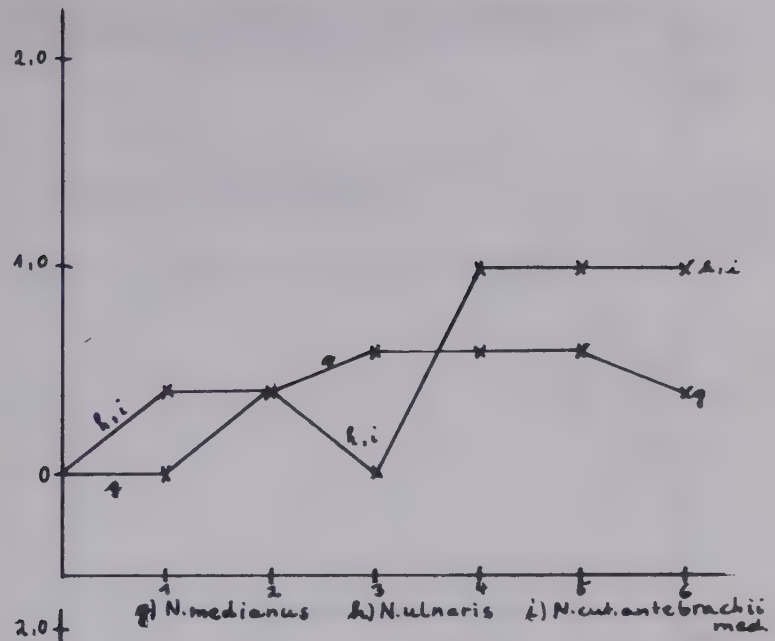
2.1, Erfolgreiche Plexus-Blockaden mit supraclavicu-
lärem Zugang: Sensibilitätsausfall



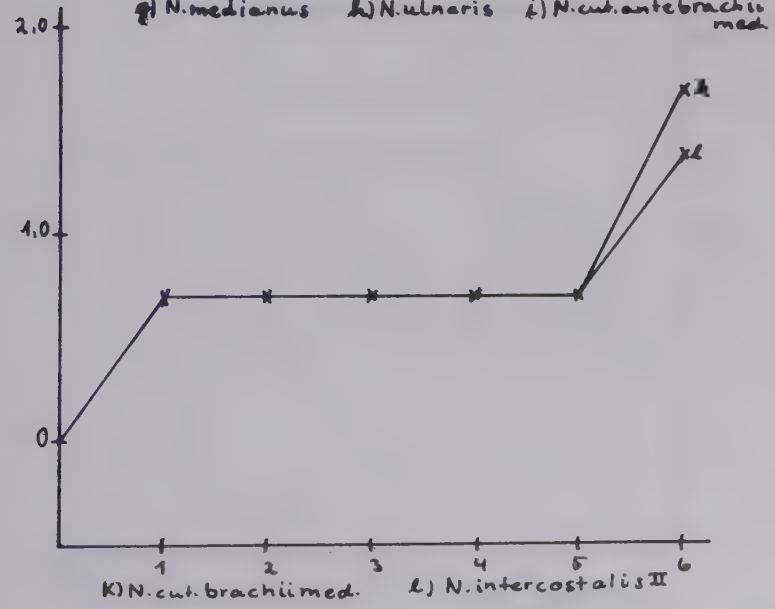

2,0
1,0
0
g, h, i
g
h, i
i
g, h
g
h
i
1
2
3
4
5
6
g) N. medianus
h) Ulnaris
i) N. cut. antebrachii med.
2,0
1,0
0
k, k
l
k
1
2
3
4
5
6
k) N. cut. brachii med.
l) N. intercostalis II

2.2 ‚Erfolglose' Plexus-Blockaden mit supraclaviculärem Zugang: Sensibilitätsausfall





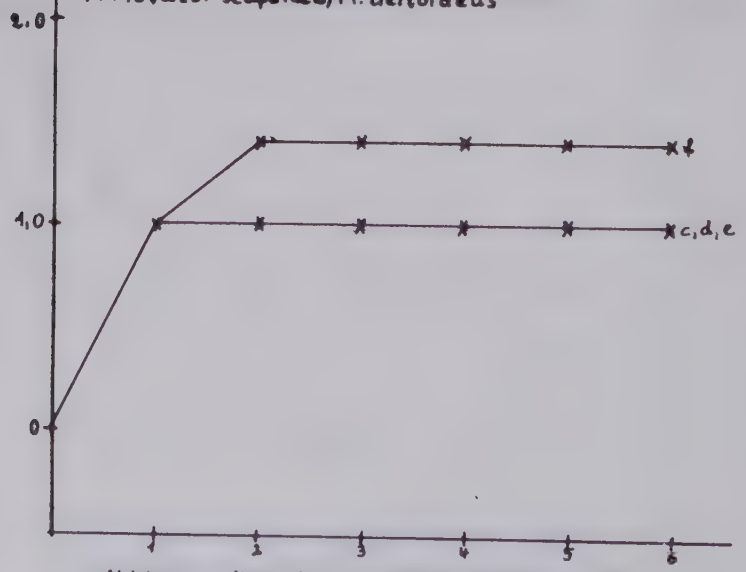
g) N.medianus h) N.ulnaris i) N.cut.antebrachii med.



K) N.cut.brachii med. l) N.intercostalis II

2.3, Erfolgreiche Plexus-Blockaden mit supra-clavicularem Zugang: Motorischer Ausfall

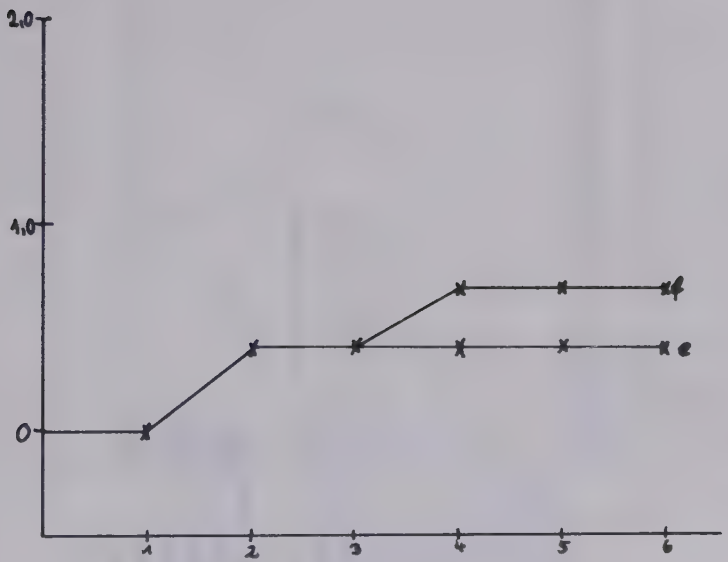
a) M. levator scapulae b) M. deltoideus



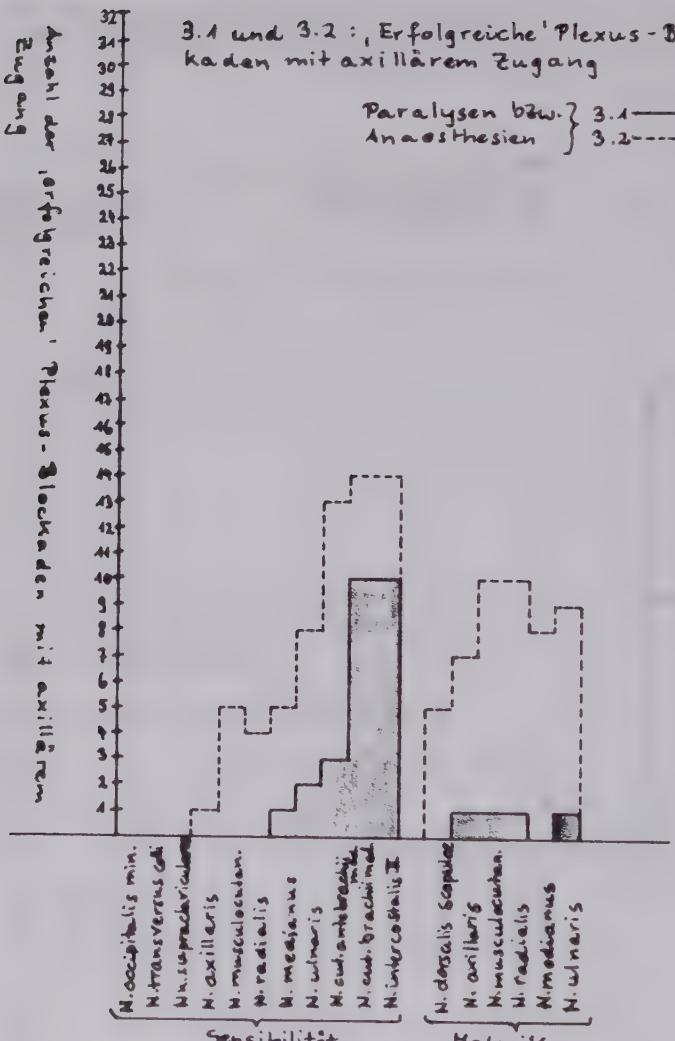
c) M. biceps d) M. triceps e) M. flexor digitorum comm.
f) Mm. interossei

2.4: ‚Erfolglose' Plexus-Blockaden mit supraclaviculärem Zugang: Motorischer Ausfall

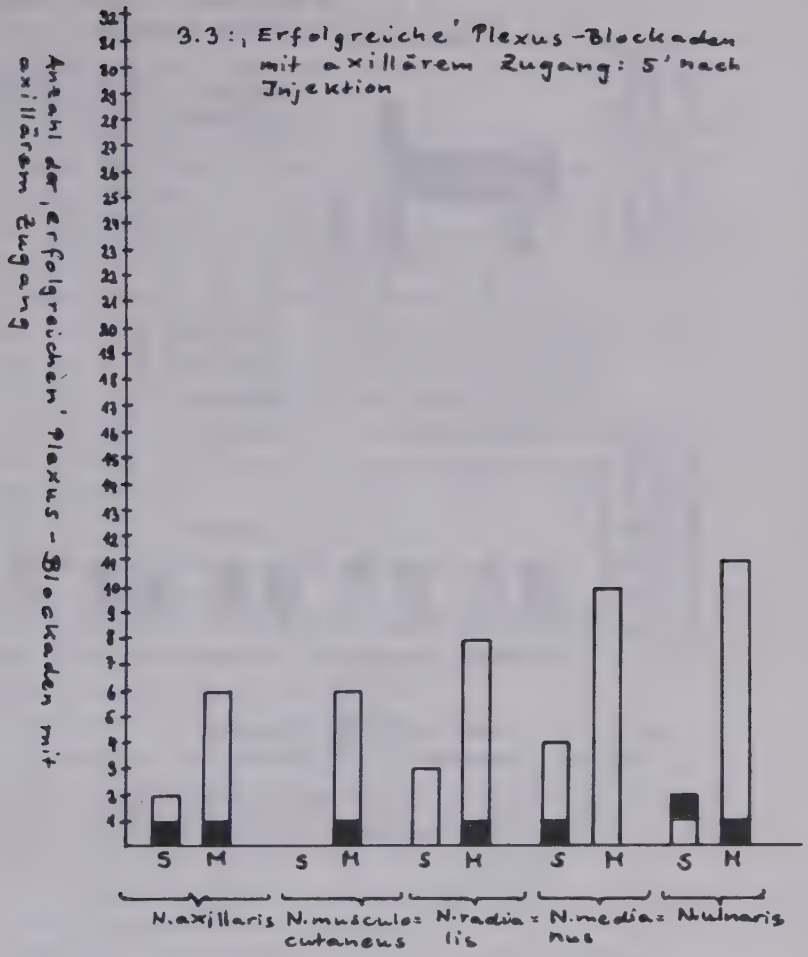
a) M. levator scapulae
b) M. deltoideus
c) M. triceps
} Ø Veränderung der Motorik



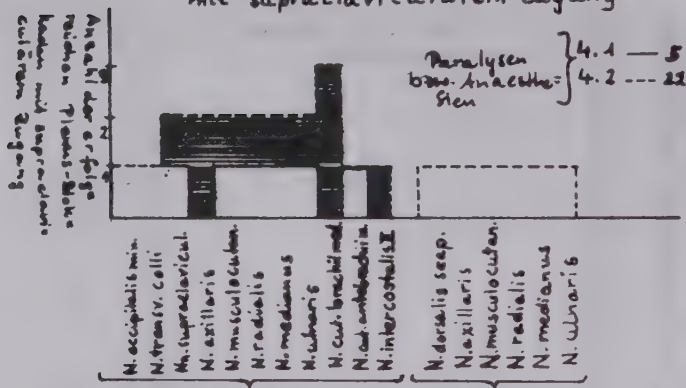
e) M. flexor digitorum comm. f) M. interossei

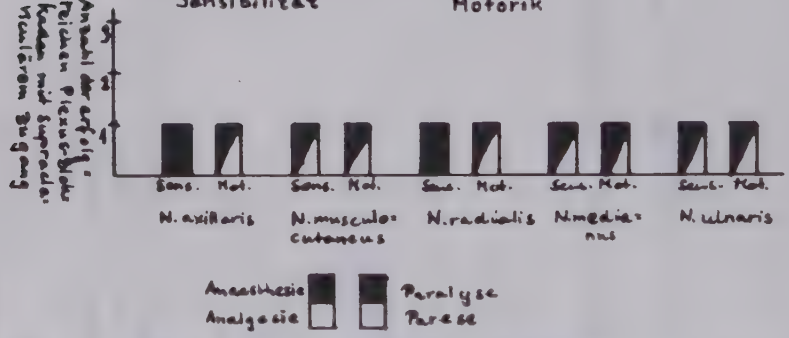

3.1 und 3.2: „Erfolgreiche" Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang
Paralysen bzw. Anaesthesien
3.1 ——— 5' nach Inj.
3.2 - - - - - 22' nach Inj.
Anzahl der „erfolgreichen" Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang
N. occipitalis min.
N. transversus coli
N. supraclavicularis
N. axillaris
N. musculocutan.
N. radialis
N. medianus
N. ulnaris
N. cut. antibrachii med.
N. cut. brachii med.
N. intercostalis II
Sensibilität
N. dorsalis scapulae
N. axillaris
N. musculocutan.
N. radialis
N. medianus
N. ulnaris
Motorik

3.3: Erfolgreiche Plexus-Blockaden mit axillärem Zugang: 5' nach Injektion



4.1 und 4.2: ‚Erfolgreiche' Plexus-Blockaden mit supraclaviculärem Zugang





4.3: ‚Erfolgreiche' Plexus-Blockaden mit supraclaviculärem Zugang: 5' nach Injektion

Literaturverzeichnis

1.)Accardo,N.J./Adriani,J.:Brachial plexus block:simplified technic using axillary route;South.Med.J.42:S.920,1951.

2.)Adriani,J.:Nerve Blocks:A Manual of Regional Anaesthesia for Practitioners of Medicine;Springfield Ill., Charles C.Thomas Publishers:S.118,1954.

3.)Ansbro,F.B.:A method of continuous brachial plexus block;Am.J.Surg.71:S.716-722,1946.

4.)Auberger,H.G.:Praktische Lokalanaesthesie,ein Kompendium,2.überarbeitete Auflage;Georg Thieme Verlag Stuttgart:S.77-86,1969.

5.)Berry,F.R./Bridenbaugh,D.L.:The Upper Extremity: Somatic Blockade;in:Cousins,M.J./Bridenbaugh,P.O.:Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain;J.P.Lippincott Company,Philadelphia,Toronto,1980. Kapitel 10,S.296-320.

6.)Bieter,R.N.:Applied pharmacology of local anesthetics; Am.J.Surg.35,S.500,1936.

7.)Brand,L./Papper,E.M.:A comparison of supraclavicular and axillary techniques for brachial plexus blocks; Anesthesiology 22:S.226-229,1961.

8.)Braun,H.:Lokal-Anaesthesie;J.A.Barth,1905.Translated by P.Shields,3rd edition,Philadelphia,Lea&Fibiger,1914.

9.)Bryce-Smith,R./Lee,J.A.:Practical Regional Analgesia 5; Excerpta Medica,Amsterdam,Oxford,New York,American Elsevier Publishing Co.,New York:S.56-62,1976.

10.)De Jong,R.:Axillary block of the brachial plexus; Anesthesiology 22:S.215-225,1961.

11.)Ebbecke,E.:Schmerz;Acta neuroveg.7:S.40,1953.

12.)Eriksson,E.:Illustrated Handbook of Local Anesthesiology,Schultz Forlag,2.Ausgabe 1979,S.82-84:Brachial plexus block-axillary approach.

13.)Eriksson,E.:Illustrated Handbook of Local Anesteziology,Schultz Forlag,2.Ausgabe 1979,S.79-81:Brachial plexus block-supraclavicular approach.

14.)Fleckenstein,A.:Der Kalium-Natrium-Austausch;Springer-Verlag,Berlin,Göttingen,Heidelberg,1955.

15.)Forth,W./Henschler,D./Rummel,W.:Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie;Bibliographisches Institut,Mannheim,Wien,Zürich:S.383-388,1975.
16.)Hempel,V./v.Finck/Baumgärtner,E.:A longitudinal supraclavicular approach to the brachial plexus for the insertion of plastic cannulas;Anesth.Analg.60: S.352-354,1981.
17.)Hirschel,G.:Über die Anaesthesierung des Plexus brachialis durch perkutane Injektion;Münch.med.Wschr.22: S.1012,1911.
18.)Hollmén,A.:Axillary plexus blockade:A double blind study of 59 cases using mepivacaine and Lac 43;Acta anaesth.scand.-suppl.21:S.53,1966.
19.)Hudon,F./Jacques,A.:Block of brachial plexus by axillary route;Can.Anaesth.Soc.J.6:S.400,1959.
20.)Kumar,A./Battit,G.E./Froese,A.B./Long,M.C.:Bilateral cervical and thoracic epidural blockade complicating interscalene brachial plexus block:report of two cases;Anesthesiology 35:S.650-652,1971.
21.)Kulenkampff,D.:Die Anaesthesierung des Plexus brachialis;Zentbl.Chir.38:S.1337-1340,1911 und Münch.med. Wsch.29,1911.
22.)Lanz,E./Theiss,D.:Beurteilung der Plexus brachialis-Blockaden-Vergleich des supraclaviculären und interscalenären Zugangs;Reg.-Anästhesie 2:S.57-62,1979.
23.)Löfström,B./Wennberg,A./Widén,L.:Late disturbances in nerve function after block with local anesthetic agents;Acta anaesth.scand.10:S.111-122,1966.
24.)Macintosh,R.R./Mushin,W.W.:Örtliche Betäubung:Plexus brachialis;Anaesthesiologie und Wiederbelebung 19, Springer-Verlag,Berlin-Heidelberg-New York,1967.
25.)Moore,D.C.:Regional Block;Charles C.Thomas Publishers,1975,Kapitel 30,S.221-242:Supraclavicular approach for block of the brachial plexus.
26.)Moore,D.C.:Regional Block;Charles C.Thomas Publishers,1975,Kapitel 31,S.242-256:Axillary approach for block of the brachial plexus.

27.)Olivecrona,H./Tönnis,W./Krenkel,W.:Handbuch der Chirurgie,Band 7;Springer-Verlag,Berlin-Heidelberg-New York,1974;S.363-377:Peripheres und sympathisches Nervensystem.
28.)Pichlmayer,I./Galaske,W.:Auswertung von 821 supra=claviculären und subaxillären Plexus-Anaesthesien in Bezug auf Effektivität,Nebenerscheinungen und Kompli=kationen-unter Berücksichtigung der Ausbildungsverpflich=tung einer medizinischen Hochschule;Praktische Anaesthe=sie 13:S.469-473,1978.
29.)Pike,P.M.H.:Kontinuierliche Blockade des Plexus brachialis;Praktische Anaesthesie 13:S.473-476,1978.
30.)Pitkin,G.P.:Conduction Anesthesia,ed.2;J.B.Lippin=cott Company,Philadelphia:S.483,1953.
31.)Racenberg,E./Schmidt,E.:Arm-Plexus-Anaesthesie;Anae=sthesiologie und Intensivmedizin 5:S.131-140,1981.
32.)Schmidt,E./Racenberg,E./Hildebrand,B./Büch,U.: Langzeitschäden und Komplikationen nach Anaesthesie des Plexus brachialis(Analyse von 618 Anaesthesien) zur Zeit in Druck,zitiert in 31.(Racenberg,E./Schmidt,E.).
33.)Selander,D.:Catheter technique in axillary plexus block;Acta anaesth.scand.21:S.324-329,1977.
34.)Selander,D./Dhuner,K.-G./Lundborg,G.:Peripheral nerve injury due to injection needles used for regio=nal anaesthesia;Acta anaesth.scand.21:S.182-188,1977.
35.)Selander,D./Edshage,S./Wolff,T.:Paraesthesia or no paraesthesia?Nerve lesions after axillary blocks; Acta anaesth.scand.23:S.27-33,1979.
36.)Snow,J.C.:Manual of Anesthesia;Little,Brown and Company-Boston:S.149-165,1977.
37.)Sprotte,G.:Der Vorteil von Plastikkanülen in der Regionalanaesthesie;Anaesthesiol.Intensiv.med.Prax.20: S.125-127,1979.
38.)Stöhr,M.:Schädigungen des peripheren Nervensystems und des Rückenmarks unter Regionalanaesthesie und deren Begutachtung;Acta neurol.7:S.185-194,1980.
39.)Winnie,A.P./Collins,V.J.:The subclavian perivas=cular technique of brachial plexus block;Anesthesiolo=gy25:S.353-363,1964.

40.)Winnie,A.P.:An immobile needle for nerve blocks; Anesthesiology31:S.577-578,1970.
41.)Winnie,A.P.:Interscalene brachial plexus block; Anaesth.Analg.49:S.455-466,1970.
42.)Winnie,A.P./Tay,C.-H./Patel,K.P./Ramamurthy,S./ Durrani,Z.:Pharmacokinetics of local anesthetics during plexus blocks;Anaesth.Analg.56:S.852-861,1977.
43.)Zenz,M./Glocker,R.:Eine neue immobile Nadel zur Plexusanaesthesie;Reg.-Anästhesie4:S.29-31,1981.

Herrn Prof.Hempel danke ich für die Überlassung des Themas sowie für seine Hilfe bei allen theoretischen und praktischen Schwierigkeiten.
Den Assistenzärzten der Abteilung für Anaesthesiologie und Intensivmedizin der Universität Tübingen, die die untersuchten Leitungsanaesthesien durchgeführt haben danke ich für ihre Mitarbeit und Geduld.

LEBENSLAUF

Am 5. 3. 1956 wurde ich, Iris Elfriede Stephanie Göttlich, als Tochter des Karlhans Göttlich und der Susanna-Maria Göttlich, geb. Baier in Sigmaringen geboren.

Von 1963 bis 1966 besuchte ich die Grundschule in Sigmaringen, von 1966 an die Liebfrauenschule, ein neusprachliches Mädchengymnasium, wo ich 1975 das Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1975/76 war ich an der Universität Ulm für das Studienfach Physik/Diplom eingeschrieben, im Sommersemester 1976 nahm ich das Studium der Humanmedizin an der Universität Hohenheim auf. Der Wechsel an die Universität Tübingen erfolgte im Sommersemester 1977. Dort legte ich im März 1978 die ärztliche Vorprüfung, im März 1979 die erste ärztliche Prüfung und im März 1981 die zweite ärztliche Prüfung ab.

Im Sommersemester 1981 war ich am Zentralinstitut für Anaesthesiologie und Transfusionswesen der Universität Tübingen mit den Untersuchungen für meine Dissertationsarbeit beschäftigt.

Mein Praktisches Jahr leistete ich von Oktober 1981 bis September 1982 am Kreiskrankenhaus Böblingen ab, das Wahlfach Anästhesie an der Universitätsklinik in Tübingen.

Die dritte ärztliche Prüfung legte ich am 27. 10. 1982 am Kreiskrankenhaus Böblingen ab.